

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 2005217478 A

(43) Date of publication of application: 11.08.05

(51) Int. Cl

H04N 9/07

(21) Application number: 2004018248

(22) Date of filing: 27.01.04

(71) Applicant: MITSUBISHI ELECTRIC CORP

(72) Inventor: MORIYA SHOTARO
MAKITA JUNKO
SUGIURA HIROAKI
YAMASHITA KOICHI
ITO TAKASHI
KUNO TETSUYA
MATOBA NARIHIRO
TAMURA MASAJI
FUJITA HIDEO

(54) PIXEL SIGNAL PROCESSING METHOD AND APPARATUS

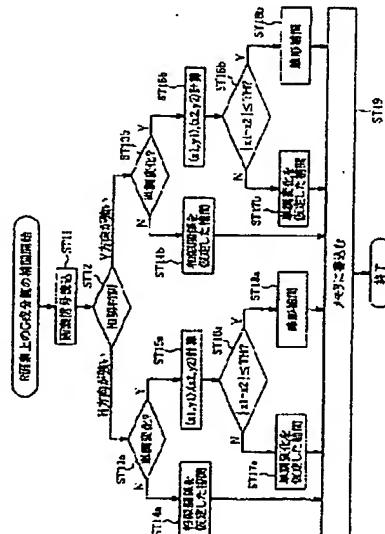
providing a strong correlation among pixels in the regions in the vicinity of the target pixel.

(57) Abstract:

COPYRIGHT: (C)2005,JPO&NCIPI

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a pixel signal processing method and apparatus capable of suppressing production of a false color in an interpolation result even in a region having no similarity relation in a behavior of changes in color components and obtaining an optimum interpolation result independently of a way of the changes in the color component values in regions in the vicinity of a target pixel in the case of producing deficient color components of a plurality of pixels arranged in a way of e.g., the Bayer arrangement through interpolation.

SOLUTION: The apparatus and method carries out the interpolation by first and second interpolation methods different from each other to produce first and second interpolation values, and selects and outputs either of the first and second interpolation values depending on whether or not pixel signals are monotonously changed (increased or decreased). The discrimination of the behavior of the change and the first and second interpolation may be carried out on the basis of a J-th color component value of the target pixel and a color component value of a pixel existing in a direction



(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開2005-217478

(P2005-217478A)

(43) 公開日 平成17年8月11日(2005.8.11)

(51) Int.Cl.⁷
HO4N 9/07

F

HO4N 9/07
HO4N 9/07

C
A

テーマコード（参考）
SC065

審査請求 有 請求項の数 24 O.L. (全 36 頁)

(21) 出願番号 特願2004-18248 (P2004-18248)
(22) 出願日 平成16年1月27日 (2004. 1. 27)

(71) 出願人 000006013
三菱電機株式会社
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(74) 代理人 100083840
弁理士 前田 実

(74) 代理人 100116964
弁理士 山形 洋一

(72) 発明者 守谷 正太郎
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三
菱電機株式会社内

(72) 発明者 牧田 浩子
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三
菱電機株式会社内

最終頁に統く

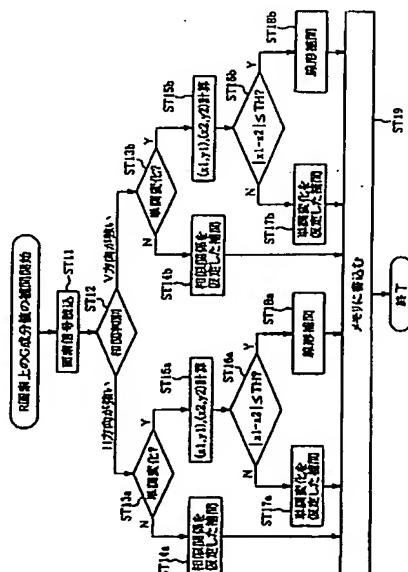
(54) 【発明の名称】 画素信号処理方法及び装置

(57) 【要約】

【課題】 例えばペイヤ型に配列された複数の画素の、不足色成分を補間により生成するに当たり、色成分の変化の様子に相似の関係がない領域においても補間結果に偽色が発生するのを抑制することができ、また注目画素の近傍の領域内の色成分値の変化の仕方に関わらず最適の補間結果を得ることができるようとする。

【解決手段】 互いに異なる第1及び第2の補間方法で補間を行って第1及び第2の補間値を生成し、画素信号が単調に変化（増加、減少）しているかどうかに応じて、第1及び第2の補間値のいずれかを選択して出力する。変化の様態の判別、並びに第1及び第2の補間は、注目画素の第Jの色成分値と、注目画素の近傍の領域内の画素のうち相関の強い方向に存在する画素の色成分値に基づいて行っても良い。

【選択図】 図4



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

2次元平面上に配列され、各々が第1乃至第N（Nは2以上の整数）の互いに異なる色成分のいずれかを有する複数の画素の、それぞれの色成分値を表す画素信号の組に基づいて、第J（Jは1からNのうちのいずれか一つ）の色成分値を有する注目画素の位置における第K（KはJを除く1からNのうちのいずれか一つ）の色成分値を表す画素信号を補間により生成する画素信号処理方法において、

注目画素の近傍の領域内に位置し、注目画素と同じ色成分を有する画素及び注目画素の色成分値の変化の態様を判別するステップと、

上記変化の態様を判別するステップでの判別結果に応じて、

10

上記補間を第1の補間方法で行って第1の補間値を生成する第1の補間演算ステップ又は上記補間を上記第1の補間方法とは異なる第2の補間方法で行って第2の補間値を生成する第2の補間演算ステップのいずれか一方を実行する補間演算ステップとを備え、

上記第1の補間演算ステップ及び第2の補間演算ステップは、上記注目画素の上記第Jの色成分値と、上記注目画素の近傍の領域内に位置する画素の色成分値とに基づいて上記補間を行うことを特徴とする

画素信号処理方法。

【請求項 2】

注目画素の近傍の領域内に位置する画素信号の相関の強い方向を判別する相関判別ステップをさらに有し、

20

上記変化の態様を判別するステップは、注目画素の近傍の領域内に位置し、上記相関判別ステップで相関が強いと判定された方向に整列し、注目画素と同じ色成分を有する画素及び注目画素の色成分値の変化の態様を判別する

ことを特徴とする請求項1に記載の画素信号処理方法。

【請求項 3】

上記第1の補間演算ステップ及び第2の補間演算ステップは、上記注目画素の上記第Jの色成分値と、上記注目画素の近傍の領域内に位置し、上記相関判別ステップで相関が強いと判定された方向に整列する画素の色成分値とに基づいて上記補間を行うことを特徴とする請求項2に記載の画素信号処理方法。

30

【請求項 4】

上記第2の補間演算ステップは、上記相関判別ステップで相関が強いと判定された方向に整列する画素のうち、上記第Jの色成分を有する画素の上記第Jの成分値をx成分とし、上記第Kの色成分を有する画素の上記第Kの成分値をもとに算出した値をy成分とする二つの2次元データ（x1, y1）、（x2, y2）、及び注目画素の上記第Jの色成分値x0を用いた以下の式（1）、

【数1】

$$y0 = \frac{y1 - y2}{x1 - x2} (x0 - x1) + y1 \quad \dots (1)$$

40

で注目画素の位置における上記第Kの色成分値y0を計算することを特徴とする請求項3に記載の画素信号処理方法。

【請求項 5】

上記第2の補間演算ステップは、

上記二つの2次元データのx成分x1、x2の差の絶対値がある閾値以下のとき、上記注目画素の近傍の領域内に位置する画素の、注目画素と同じ色の色成分値を用いた線形補間を行い、

上記二つの2次元データのx成分x1、x2の差の絶対値が上記閾値を超えるとき、上記式（1）を用いた補間を行う

50

ことを特徴とする請求項 4 に記載の画素信号処理方法。

【請求項 6】

上記第 1 の補間演算ステップは、

画素の 2 次元平面上の配列を互いに直交する H 軸及び V 軸を含む 2 次元座標平面上に表し、色成分値を上記 2 次元平面に垂直な Z 軸に表す三次元直交座標系において、

上記注目画素の周辺に位置し、上記相関判別ステップで相関が強いと判定された方向に整列した上記第 J の色成分を有する複数の画素のそれぞれの位置における、それらの画素の上記第 J の色成分の値の平均値と、上記注目画素の位置における該注目画素の色成分の値とで作る第 1 の多角形と、

上記注目画素の周辺に位置し、上記相関判別ステップで相関が強いと判定された方向に整列した上記第 K の色成分を有する複数の画素のそれぞれの位置における、それらの画素の上記第 K の色成分の平均値と、上記第 2 の補間演算ステップで補間ににより求められる上記注目画素の位置における上記第 K の色成分の値とで作る第 2 の多角形とが互いに相似になるように、

上記注目画素の位置における上記第 K の色成分の値を定めることを特徴とする請求項 3 に記載の画素信号処理方法。

【請求項 7】

上記第 1 の補間演算ステップは、

上記注目画素の周辺に位置し、上記相関判別ステップで相関が強いと判定された方向に整列した上記第 J の色成分を有する複数の画素の上記第 J の色成分の値の平均値と、上記注目画素の位置における上記第 J の色成分の値との差と、上記平均値の計算に用いられた複数の画素及び上記注目画素相互間の上記 2 次元平面上における距離との比と、

上記注目画素の周辺に位置し、上記相関判別ステップで相関が強いと判定された方向に整列した上記第 K の色成分を有する複数の画素の上記第 K の色成分の値の平均値と、上記第 2 の補間演算ステップで補間ににより求められる上記注目画素の位置における上記第 K の色成分の値との差と、上記平均値の計算に用いられた複数の画素及び上記注目画素相互間の上記 2 次元平面上における距離との比が互いに同じになるように、

上記注目画素の位置における上記第 K の色成分の値を定めることを特徴とする請求項 3 に記載の画素信号処理方法。

【請求項 8】

上記変化の態様を判別するステップは、注目画素の近傍の領域内に位置し、上記相関判別ステップで相関が強いと判定された方向に整列し、注目画素と同じ色の色成分を有する画素及び注目画素の色成分値が、それぞれの画素の位置との関係で、単調に変化しているかどうかの判定を行い、単調に変化していると判定したときは、上記第 2 の補間演算ステップの出力を、それ以外のときは、上記第 1 の補間演算ステップの出力を選択して出力することを特徴とする請求項 3 に記載の画素信号処理方法。

【請求項 9】

上記変化の態様を判別するステップは、注目画素の色成分値を x_0 で表し、上記相関判別ステップで相関が強いと判定された方向に整列し、注目画素と同じ色成分を有する 2 つの画素が有する色成分値を x_1 、 x_2 で表したとき、 x_0 、 x_1 、 x_2 が以下の条件 1 及び 2、即ち、

条件 1 : $x_0 > x_1$ かつ $x_0 > x_2$

条件 2 : $x_0 < x_1$ かつ $x_0 < x_2$

のいずれも満たさないときに上記色成分値が単調に変化していると判定することを特徴とする請求項 8 に記載の画素信号処理方法。

【請求項 10】

各々が第 1 乃至第 N の色成分のうちの一つを発生する第 1 乃至第 N 種類の光電変換素子が 2 次元平面上に配列された撮像素子の上記光電変換素子の各々から得られる信号を、上記画素信号の組の少なくとも一部として用いることを特徴とする請求項 1 に記載の画素信号処理方法。

10

20

30

40

50

【請求項 1 1】

2次元平面上に配列され、各々が第1乃至第N（Nは2以上の整数）の互いに異なる色成分のいずれかを有する複数の画素の、それぞれの色成分値を表す画素信号の組に基づいて、第J（Jは1からNのうちのいずれか一つ）の色成分値を有する注目画素の位置における第K（KはJを除く1からNのうちのいずれか一つ）の色成分値を表す画素信号を補間により生成する画素信号処理装置において、

上記補間を第1の補間方法で行って第1の補間値を生成する第1の補間演算手段と、

上記補間を上記第1の補間方法とは異なる第2の補間方法で行って第2の補間値を生成する第2の補間演算手段と、

注目画素の近傍の領域内に位置し、注目画素と同じ色成分を有する画素及び注目画素の色成分値の変化の様様に応じて、上記第1の補間値と上記第2の補間値のいずれかを、選択して出力する選択手段と

を備え、

上記第1の補間演算手段及び第2の補間演算手段は、上記注目画素の上記第Jの色成分値と、上記注目画素の近傍の領域内に位置する画素の色成分値とに基づいて上記補間を行うことを特徴とする

画素信号処理装置。

【請求項 1 2】

注目画素の近傍の領域内に位置する画素信号の相関の強い方向を判別する相関判別手段と、

上記選択手段は、注目画素の近傍の領域内に位置し、上記相関判別手段で相関が強いと判定された方向に整列し、注目画素と同じ色成分を有する画素及び注目画素の色成分値の変化の様様に応じて、上記第1の補間値と上記第2の補間値のいずれかを、選択して出力することを特徴とする請求項11に記載の画素信号処理装置。

【請求項 1 3】

上記第1の補間演算手段及び第2の補間演算手段は、上記注目画素の上記第Jの色成分値と、上記注目画素の近傍の領域内に位置し、上記相関判別手段で相関が強いと判定された方向に整列する画素の色成分値とに基づいて上記補間を行うことを特徴とする請求項12に記載の画素信号処理装置。

【請求項 1 4】

上記第2の補間演算手段は、上記相関判定手段で相関が強いと判定された方向に整列する画素のうち、上記第Jの色成分を有する画素の上記第Jの色成分値をx成分とし、上記第Kの色成分を有する画素の上記第Kの色成分値をもとに算出した値をy成分とする二つの2次元データ（ x_1, y_1 ）、（ x_2, y_2 ）、及び注目画素の上記第Jの色成分値 x_0 を用いた以下の式（1）、

【数2】

$$y_0 = \frac{y_1 - y_2}{x_1 - x_2} (x_0 - x_1) + y_1 \quad \dots (1)$$

で注目画素の位置における上記第Kの色成分値 y_0 を計算することを特徴とする請求項13に記載の画素信号処理装置。

【請求項 1 5】

上記第2の補間演算手段は、

上記二つの2次元データのx成分 x_1, x_2 の差の絶対値がある閾値以下のとき、上記注目画素の近傍の領域内に位置する画素の、注目画素と同じ色の色成分値を用いた線形補間を行い、

上記二つの2次元データのx成分 x_1, x_2 の差の絶対値が上記閾値を超えるとき、上記式（1）を用いた補間を行う

ことを特徴とする請求項14に記載の画素信号処理装置。

10

20

30

40

50

【請求項 16】

上記第1の補間演算手段は、

画素の2次元平面上の配列を互いに直交するH軸及びV軸を含む2次元座標平面上に表し、色成分値を上記2次元平面に垂直なZ軸に表す三次元直交座標系において、

上記注目画素の周辺に位置し、上記相関判別手段で相関が強いと判定された方向に整列し、上記第Jの色成分を有する複数の画素のそれぞれの位置における、それらの画素の上記第Jの色成分の値の平均値と、上記注目画素の位置における該注目画素の色成分の値とで作る第1の多角形と、

上記注目画素の周辺に位置し、上記相関判別手段で相関が強いと判定された方向に整列し、上記第Kの色成分を有する複数の画素のそれぞれの位置における、それらの画素の上記第Kの色成分の平均値と、上記第2の補間演算手段で補間により求められる上記注目画素の位置における上記第Kの色成分の値とで作る第2の多角形とが互いに相似になるよう

10

に、
上記注目画素の位置における上記第Kの色成分の値を定めることを特徴とする請求項1
3に記載の画素信号処理装置。

【請求項 17】

上記第1の補間演算手段は、

上記注目画素の周辺に位置し、上記相関判別手段で相関が強いと判定された方向に整列し、上記第Jの色成分を有する複数の画素の上記第Jの色成分の値の平均値と、上記注目画素の位置における上記第Jの色成分の値との差と、上記平均値の計算に用いられた複数の画素及び上記注目画素相互間の上記2次元平面上における距離との比と、

20

上記注目画素の周辺に位置し、上記相関判別手段で相関が強いと判定された方向に整列し、上記第Kの色成分を有する複数の画素の上記第Kの色成分の値の平均値と、上記第2の補間演算手段で補間により求められる上記注目画素の位置における上記第Kの色成分の値との差と、上記平均値の計算に用いられた複数の画素及び上記注目画素相互間の上記2次元平面上における距離との比が互いに同じになるよう、

上記注目画素の位置における上記第Kの色成分の値を定めることを特徴とする請求項1
3に記載の画素信号処理装置。

【請求項 18】

上記選択手段は、注目画素の近傍の領域内に位置し、上記相関判別手段で相関が強いと判定された方向に整列し、注目画素と同じ色の色成分を有する画素及び注目画素の色成分値が、それぞれの画素の位置との関係で、単調に変化しているかどうかの判定を行い、単調に変化していると判定したときは、上記第2の補間演算手段の出力を、それ以外のときは、上記第1の補間演算手段の出力を選択して出力することを特徴とする請求項1
3に記載の画素信号処理装置。

30

【請求項 19】

上記選択手段は、注目画素の色成分値をx0で表し、上記相関判定手段で相関が強いと判定された方向に整列し、注目画素と同じ色成分を有する2つの画素が有する色成分値をx1、x2で表したとき、x0、x1、x2が以下の条件1及び2、即ち、

条件1 : x0 > x1かつx0 > x2

40

条件2 : x0 < x1かつx0 < x2

のいずれも満たさないときに上記色成分値が単調に変化していると判定する
ことを特徴とする請求項1
8に記載の画素信号処理装置。

【請求項 20】

各々が第1乃至第Nの色成分のうちの一つを発生する第1乃至第N種類の光電変換素子が2次元平面上に配列された撮像素子をさらに有し、上記光電変換素子の各々から得られる信号が上記画素信号の組の少なくとも一部として用いられることを特徴とする請求項1
1に記載の画素信号処理装置。

【請求項 21】

2次元平面上に配列され、各々が第1乃至第N（Nは2以上の整数）の互いに異なる色

50

成分のいずれかを有する複数の画素の、それぞれの色成分値を表す画素信号の組に基づいて、第 J (J は 1 から N のうちのいずれか一つ) の色成分を有する注目画素の位置における第 K (K は J を除く 1 から N のうちのいずれか一つ) の色成分値を表す画素信号を補間により生成する画素信号処理方法において、

注目画素を中心に一つの方向に存在する画素のうち、

第 J の色成分の画素が有する色成分値を x 成分、

第 K の色成分の画素が有する色成分値をもとに算出した値を y 成分とする二個の二次元データ (x_1, y_1)、(x_2, y_2) および、注目画素の第 J の色成分値 x_0 を用いた以下の式 (1)、

【数 3】

10

$$y_0 = \frac{y_1 - y_2}{x_1 - x_2} (x_0 - x_1) + y_1 \quad \dots(1)$$

で注目画素の位置における第 K の色成分値 y_0 を計算する補間ステップ (14) を備えることを特徴とする画素信号処理方法。

【請求項 2 2】

注目画素の近傍の領域内の画素信号の相関の強い方向を判別する相関判別ステップ (12) をさらに備え、

上記補間演算ステップは、上記注目画素の上記第 J の色成分値と、上記注目画素の近傍の領域内の画素のうち上記相関判別ステップで判別した相関の強い方向に存在する画素の色成分値とを基に上記補間を行うことを特徴とする請求項 2 1 に記載の画素信号処理方法。

【請求項 2 3】

2 次元平面上に配列され、各々が第 1 乃至第 N (N は 2 以上の整数) の互いに異なる色成分のいずれかを有する複数の画素の、それぞれの色成分値を表す画素信号の組に基づいて、第 J (J は 1 から N のうちのいずれか一つ) の色成分を有する注目画素の位置における第 K (K は J を除く 1 から N のうちのいずれか一つ) の色成分値を表す画素信号を補間により生成する画素信号処理装置において、

注目画素を中心に一つの方向に存在する画素のうち、

30

第 J の色成分の画素が有する色成分値を x 成分、

第 K の色成分の画素が有する色成分値をもとに算出した値を y 成分とする二個の二次元データ (x_1, y_1)、(x_2, y_2) および、注目画素の第 J の色成分値 x_0 を用いた以下の式 (1)、

【数 4】

$$y_0 = \frac{y_1 - y_2}{x_1 - x_2} (x_0 - x_1) + y_1 \quad \dots(1)$$

で注目画素の位置における第 K の色成分値 y_0 を計算する補間手段 (14) を備えることを特徴とする画素信号処理装置。

40

【請求項 2 4】

注目画素の近傍の領域内の画素信号の相関の強い方向を判別する相関判別手段 (12) をさらに備え、

上記補間演算手段は、上記注目画素の上記第 J の色成分値と、上記注目画素の近傍の領域内の画素のうち上記相関判別手段で判別した相関の強い方向に存在する画素の色成分値とを基に上記補間を行うことを特徴とする請求項 2 3 に記載の画素信号処理装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

50

本発明は、画素信号処理装置及び画素信号処理方法に関し、特に2次元平面上に配列され、各々が複数の色成分値のうちのいずれか1つを有する画素信号の組に基づき、上記複数の色成分値のうちの一つの色成分値を有する画素信号が存在する注目画素位置（補間処理対象画素）における他の色成分値を生成する画素信号処理方法及び装置に関する。

【0002】

このような画素信号処理は、例えば、各々が複数の色成分（分光感度特性）、例えば赤（R）、緑（G）、青（B）のうちのいずれか一つの色成分値を発生する複数種類の光電変換素子が2次元平面上に、例えばペイヤ型に配列された撮像素子をさらに備えるもので、カラー撮像装置の一部として用いられ、撮像素子から出力された画素信号のうちの、各画素位置において欠落している色成分値（不足色成分値）を補間するために用いられる。

10

【背景技術】

【0003】

従来の、赤、緑、青の3原色の色フィルタがペイヤ型に配置された撮像素子を有する撮像装置では、例えば下記の特許文献1に示されるように、解像感を高めるために、色毎の局所的な出力信号の分布に基づいて各画素の出力信号を平均値で置き換え、これによって想定される既知色幾何学図形と不足色幾何学図形の線形相似比に基づく補間方法を用いている。

【0004】

【特許文献1】特開2001-197512公報（段落0048～0049、図7）

20

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

この従来の方法は、注目画素の近傍の領域内において、それぞれの色成分（例えば、ペイヤ型配列におけるR、G、B成分）の変化の様子に相似の関係があると仮定している。そのため、色成分の変化の様子に相似の関係がない領域（例えばある色と別の色との境界など）での補間結果に偽色が発生するという問題があり、また注目画素の近傍の領域内における、複数の色成分値の変化の仕方によって、補間方法が適切でなくなることがあると言う問題があった。

【0006】

本発明は、注目画素の近傍の領域内での色成分の変化の様子に相似の関係がない領域においても補間結果に偽色が発生するのを抑制することができ、また注目画素の近傍の領域内での色成分値の変化の仕方に拘らず常に最適の補間方法で補間を行うことができる画素信号処理装置及び方法を提供することを目的とする。

30

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明は、

2次元平面上に配列され、各々が第1乃至第N（Nは2以上の整数）の互いに異なる色成分のいずれかを有する複数の画素の、それぞれの色成分値を表す画素信号の組に基づいて、第J（Jは1からNのうちのいずれか一つ）の色成分値を有する注目画素の位置における第K（KはJを除く1からNのうちのいずれか一つ）の色成分値を表す画素信号を補間ににより生成する画素信号処理方法において、

40

注目画素の近傍の領域内に位置し、注目画素と同じ色成分を有する画素及び注目画素の色成分値の変化の態様を判別するステップと、

上記変化の態様を判別するステップでの判別結果に応じて、

上記補間を第1の補間方法で行って第1の補間値を生成する第1の補間演算ステップ又は上記補間を上記第1の補間方法とは異なる第2の補間方法で行って第2の補間値を生成する第2の補間演算ステップのいずれか一方を実行する補間演算ステップとを備え、

上記第1の補間演算ステップ及び第2の補間演算ステップは、上記注目画素の上記第Jの色成分値と、上記注目画素の近傍の領域内に位置する画素の色成分値とに基づいて上記

50

補間を行うことを特徴とする
画素信号処理方法を提供する。

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、偽色の発生を抑えることができ、また注目画素の近傍の領域内の画素の色成分値の変化の仕方に応じて最適の補間を行うことができると言う効果がある。

【発明を実施するための最良の形態】

【0009】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。以下に説明する実施の形態は、フルカラー画像撮像装置、例えばデジタルスチルカメラの一部として用いるのに適したものであるが、本発明はこれに限定されない。

【0010】

実施の形態1.

図1は、この発明の実施の形態1の画素信号処理装置を備えた撮像装置の構成を示すブロック図である。レンズ1から入射した光は、2次元撮像素子2に結像する。2次元撮像素子2は、2次元的に配列された複数の光電変換素子を有し、この複数の光電変換素子は、例えば図2に示すように、ベイヤ(Bayer)型に配置された、赤(R)、緑(G)、青(B)の3原色に対応する分光感度特性を有する色フィルタで覆われており、各光電変換素子からは、色フィルタの色に対応した色成分のアナログ信号が出力される。

【0011】

図2において、横、縦はそれぞれ撮像面の水平方向(H)、垂直方向(V)を表す。光電変換素子は画素を構成し、撮像面上で各光電変換素子が占める位置が画素位置に対応する。各画素は、撮像素子の撮像面上に2次元的に配列されているので、それらの位置は、HV座標面上の座標値で表すことができる。

【0012】

2次元撮像素子2は入射光を光電変換し入射光量に応じたレベルのアナログ画素信号を画素ごとに出力する。このアナログ画素信号はA/D変換器3でデジタル画素信号に変換され、出力され、補間処理回路4内のフレームメモリ11に記憶される。この際、各画素の信号は、各画素の、撮像面上での位置、従ってHV座標面上での位置に対応付けて記憶される。

【0013】

上記のようにしてフレームメモリ11に記憶された画素信号は、撮像素子2から出力された信号の値を表すので、「撮像素子の出力信号」、或いは単に「出力信号」と呼ばれ、後述のように周囲の画素の平均を求めることにより得られる画素信号や補間により得られる画素信号と区別される。

【0014】

上記のように各画素を構成する光電変換素子の各々からは、R、G、Bのいずれかの一つの成分値を表す信号しか得られない。即ち、フレームメモリ11に記録される、各画素位置の出力信号は、R成分値のみを有する画素(R画素)、G成分のみを有する画素(G画素)、B成分のみを有する画素(B画素)のいずれかである。言換えると、各画素位置には一つの色の画素信号のみが既知であり、他の色の画素信号は未知である。本発明の補間処理は、この各画素位置において未知である色(不足色)の色成分値を補間ににより求めるものである。

【0015】

なお、本実施の形態では、各画素位置の画素信号が、R、G、Bのいずれかの色成分を有するものであるが、本発明は一般的には、各画素位置の画素信号が、第1乃至第N(Nは2以上の整数)の色成分値のいずれかを有する場合に適用可能である。

【0016】

合成回路5において補間処理回路4から入力される補間結果OUT4と、A/D変換器3から入力される固体撮像素子2で得られた信号OUT3を合成することでフルカラー画

10

20

30

40

50

像を得る。

[0017]

図3は、この実施の形態1で用いられる補間処理回路4の構成を示す。

図示のように、補間処理回路4は、フレームメモリ11と、読み出し制御回路16と、プロセッサ35と、メモリ36とを有する。プロセッサ35は、図2に示されるペイヤ配列型の画像データの各画素に対する不足色成分値の補間処理のため、図4、図5、図6のフローチャートに示すように動作する。プロセッサ35で計算された不足色成分値（補間値）はメモリ36に書き込まれる。

[0018]

以下、補間処理回路4で行われる不足色成分の補間処理について説明する。不足色成分の補間には、10

- (P1) R画素及びB画素の位置におけるG成分値を求める処理、
- (P2) G画素の位置におけるR成分値及びB成分値を求める処理、
- (P3) R画素の位置におけるB成分値を求める処理、及び
- (P4) B画素の位置におけるR成分値を求める処理

が含まれ、例えば上に記載の順で行われる。

[0019]

最初に、R画素及びB画素の位置におけるG成分値の補間処理について説明する。まず、R画素の位置におけるG成分値の補間にについて図4及び図7を参照して説明する。図4はR画素の位置におけるG成分値の補間の際のプロセッサ35の動作を示すフローチャート、図7はR画素の位置におけるG成分値の補間を行なう際に利用される画素とその色成分値を示す。図7におけるR画素R44が注目画素（補間処理対象画素）になる。20

[0020]

ステップST11にて、図7に示された、注目画素R44の近傍の領域内に位置する複数の画素の色成分値がフレームメモリ4から読み出される。即ち注目画素R44と、注目画素R44に対し垂直方向に整列したR画素R42、R46、注目画素R44に対し水平方向に整列したR画素R24、R64のR成分値R44、R42、R46、R24、R64と、注目画素R44に対し垂直方向にG画素G41、G43、G45、G47と、注目画素R44に対し水平方向に整列したG画素G14、G34、G54、G74のG成分値G41、G43、G45、G47、G14、G34、G54、G74が読み出される。30

なお、上記のように、ある色成分を有する画素とその画素の色成分値を同じ符号で表すことがある。

[0021]

次に、ステップST12で注目画素を中心とし水平方向及び垂直方向のいずれに相関が強いかが判別される。この判別のため、ステップST11で読み出された画素信号（色成分値）の一部を用いて、以下の値dV、dHが計算される。

$$\begin{aligned} dV &= |G34 - G54| \\ dH &= |G43 - G45| \end{aligned}$$

[0022]

ここで、dVは、注目画素を中心とした垂直方向の画素の色成分値、即ち注目画素に対し垂直方向に整列し、注目画素に隣接する2つの画素の色成分値の差の絶対値を表し、dHは、注目画素を中心とした水平方向の画素の色成分値、即ち注目画素に対し水平方向に整列し、注目画素に隣接する2つの画素の色成分値の差の絶対値を表す。40

例えば細かい横縞の画像のように画像中に水平方向の相関が強い場合はdH < dVとなり、細かい縦縞の画像のように垂直方向の相関が強い場合はdV < dHとなる。

[0023]

このdV、dHの大小関係に応じて、ステップST13a以下の処理もしくはステップST13b以下の処理が行われる。即ち、dH < dVのときは（水平方向の相関が強いと判断されたときは）ステップST13a以下の処理が、それ以外のときは（垂直方向の相関が強いと判断されたときは）ステップST13b以下の処理が行われる。なお、dH、50

dV を求める式は上記の式に限定されない。

【0024】

ステップ ST 13a 以下の処理について述べる。

ステップ ST 13a では、注目画素の近傍の領域内に位置し、注目画素を中心として水平方向（上記相関判別ステップ ST 12 で相関が強いと判定された方向）に整列し、注目画素と同じ色成分を有する画素及び注目画素の色成分値の変化の様子を判定する。即ち、画素位置との関係で、画素の色成分値が単調に変化（増加又は減少）しているかどうかを判定する。

これは例えば以下のようにして行われる。即ち、注目画素 R 44、及び注目画素 R 44 に対して水平方向（相関が強いと判定された方向）に整列し、注目画素に近接し（例えば 2 画素分離れた位置の）、注目画素を中心として互いに反対側に位置する画素 R 24、R 64 の R 成分値 R 44、R 24、R 64 の大小関係が調べられる。即ち、R 成分値 R 24、R 44、R 64 が以下の条件 1、2 のいずれかを満たすかどうかの判定が行われる。

【0025】

条件 1 : $R_{24} < R_{44}$ かつ $R_{64} < R_{44}$

条件 2 : $R_{24} > R_{44}$ かつ $R_{64} > R_{44}$

【0026】

条件 1 が満たされるときは、色成分値が、上に凸に変化しており、条件 2 が満たされるときは色成分値が下に凸に変化しており、条件 1、2 のいずれも満たされないときは、色成分値が単調に変化していると言える。

20

【0027】

ステップ ST 13a における判定の結果に応じて、ステップ ST 14a もしくはステップ ST 15a 以下の処理のどちらか一方が行われる。即ち、条件 1、2 のいずれかが満たされるときは、ステップ ST 14a の処理が、そうでないときはステップ ST 15a 以下の処理が行われる。

【0028】

ステップ ST 14a は、相似関係を仮定した補間演算であり、以下の式（2）で注目画素 R 44 の G 成分値 G 44 を計算する。

【0029】

【数 5】

30

$$G_{44} = \frac{G_{34} + G_{54}}{2} + \frac{1}{2}(R_{44} - \frac{R_{24} + R_{64}}{2}) \quad \dots(2)$$

【0030】

ステップ ST 15a では、以下に示される二つの 2 次元データを計算する。これらの 2 次元データの各々は、注目画素に対して水平方向（相関が強いと判定された方向）に整列し、注目画素に近接し（例えば 2 画素分離れた位置の）、注目画素を中心として互いに反対側に位置する画素の位置に対して求められた、上記注目画素位置における既知の色成分を x 成分 (x_i) とし、不足色（未知）の色成分を y 成分 (y_i)（ただし、 $i = 1, 2$ ）とするものである。

40

【0031】

【数 6】

$$(x_1, y_1) = (R_{24}, \frac{G_{14} + G_{34}}{2})$$

$$(x_2, y_2) = (R_{64}, \frac{G_{54} + G_{74}}{2})$$

【0032】

50

上記の式から分るように、 x 成分 x_i としては、撮像素子 2 から得られた各画素位置の R 成分がそのまま用いられ、 y 成分 y_i としては、各画素位置の周囲の、例えば水平方向の両側において隣接する画素の G 成分の平均が用いられている。

【0033】

ステップ ST 16a では、上記の x 成分 x_1 と x_2 の差の絶対値がある閾値以下かどうかを調べる。 x_1 と x_2 の差の絶対値が上記閾値以下のときはステップ ST 18a の処理を、それ以外のときはステップ ST 17a の処理を行う。

【0034】

ステップ ST 17a は、単調変化を仮定した補間演算であり、以下の式(3)で注目画素 R 44 に対する G 成分値 G 44 を計算する。

10

【0035】

【数7】

$$G44 = \frac{y1 - y2}{x1 - x2} (R44 - x1) + y1 \quad \dots(3)$$

【0036】

ステップ ST 18a では線形補間を用いて注目画素 R 44 に対する G 成分値 G 44 を計算する。即ち、注目画素 R 44 に対する G 成分値 G 44 は、注目画素に隣接する画素の色成分値を用いて、以下の式で与えられる。

20

$$G44 = (G34 + G54) / 2$$

【0037】

ステップ ST 13b 以下の処理について述べる。

ステップ ST 13b では、注目画素の近傍の領域内に位置し、注目画素を中心として垂直方向（上記相関判別ステップ ST 12 で相関が強いと判定された方向）に整列し、注目画素と同じ色成分を有する画素、及び注目画素の色成分値が、画素位置との関係で、単調に変化しているかどうかの判定が行われる。

20

そのため、例えば R 画素 R 42、R 44、R 46 の R 成分値 R 42、R 44、R 46 の大小関係が調べられる。そして、その結果によりステップ ST 14b もしくはステップ ST 15b 以下の処理のどちらか一方が行われる。即ち、R 成分値 R 42、R 44、R 46 が以下の条件 1、2 のいずれかを満たすときはステップ ST 14b の処理が、そうでないときはステップ ST 15b 以下の処理が行われる。

30

【0038】

条件 1 : $R42 < R44$ かつ $R46 < R44$

条件 2 : $R42 > R44$ かつ $R46 > R44$

【0039】

ステップ ST 14b は、相似関係を仮定した補間演算であり、以下の式で注目画素 R 44 の G 成分値 G 44 を計算する。

【0040】

【数8】

40

$$G44 = \frac{G43 + G45}{2} + \frac{1}{2} (R44 - \frac{R42 + R46}{2})$$

【0041】

ステップ ST 15b では、以下に示される二つの 2 次元データを計算する。これらの 2 次元データの各々は、注目画素に対して垂直方向（相関が強いと判定された方向）に整列し、注目画素に近接し（例えば 2 画素分離れた位置の）、注目画素を中心として互いに反対側に位置する画素の位置に対して求められた、上記注目画素位置における既知の色成分を x 成分 (x_i) とし、不足色（未知）の色成分を y 成分 (y_i)（ただし、 $i = 1, 2$ ）

50

) とするものである。

【0042】

【数9】

$$(x1, y1) = (R42, \frac{G41+G43}{2})$$

$$(x2, y2) = (R46, \frac{G45+G47}{2})$$

【0043】

10

ステップST16bでは、上記のx成分x1とx2の差の絶対値がある閾値以下かどうかを調べる。x1とx2の差の絶対値が上記閾値以下のときはステップST18bの処理を、それ以外のときはステップST17bの処理を行う。

【0044】

ステップST17bは、単調変化を仮定した補間演算であり、以下の式で注目画素R44に対するG成分値G44を計算する。

【0045】

【数10】

$$G44 = \frac{y1 - y2}{x1 - x2} (R44 - x1) + y1$$

20

【0046】

ステップST18bでは線形補間を用いて注目画素R44に対するG成分値G44を計算する。即ち、注目画素R44に対するG成分値G44は、注目画素に隣接する画素の色成分値を用いて、以下の式で与えられる。

$$G44 = (G43 + G45) / 2$$

【0047】

上記したステップST14a、ST17a、ST18a、ST14b、ST17b、ST18bのいずれかにより補間された不足色成分値（補間値）がステップST19で、注目画素R44の位置における、補間ににより求められたG成分値としてメモリ36に、画素位置に対応付けて、書込まれる。

30

以上の補間処理がすべてのR画素の位置におけるG成分値に対して行われる。

【0048】

以上はR画素の位置におけるG成分値の補間処理であるが、B画素の位置におけるG成分値の補間もRとBが入れ替わる以外は同様に行われる。

【0049】

次にG画素の位置におけるR成分値、B成分値の補間処理について述べる。

ベイヤ配列においては、G画素を中心とした場合、R、G、B各画素の配置は図8に示されるように、注目画素が奇数行にある場合(a)と、偶数行にある場合(b)とで異なり、RとBが入れ替わった配置となっている。まず、奇数行におけるG画素の位置におけるR成分値及びB成分値の補間を、図5及び図9を参照して説明する。

40

【0050】

図5はG画素の位置におけるR成分値の補間の際のプロセッサ35の動作を示すフローチャート、図9は奇数行のG画素の位置におけるR成分値及びB成分値の補間を行う際に利用される画素とその色成分値を示す。

【0051】

図9において、G画素G44が注目画素になるが、注目画素G44の垂直方向にはR画素が存在せず、水平方向にはB画素が存在しない。従って、奇数行のG画素の位置におけるR成分値の補間に用い得るのは水平方向の画素のみであり、B成分値の補間に用い得るのは垂直方向の画素のみである。従って補間処理のために参照する方向は自ずと一方向に

50

限られるので、図4のステップST12のような相関判別は行わない。

【0052】

最初に奇数行のG画素の位置におけるR成分値の補間処理について述べる。

【0053】

ステップST21にて、図9に示された、注目画素G44の近傍の領域内に位置する複数の画素の色成分値がフレームメモリ4から読み出される。即ち、注目画素G44と、注目画素G44に対し、水平方向に整列したG画素G24、G64のG成分値G44、G24、G64と、注目画素に対して水平方向に整列したR画素R14、R34、R54、R74のR成分値R14、R34、R54、R74が読み出される。

【0054】

10

次にステップST22で、注目画素の近傍の領域内に位置し、注目画素を中心として水平方向（R画素が存在する方向）に整列し、注目画素と同じ色成分を有する画素、及び注目画素の色成分値が、画素位置との関係で、単調に変化しているかどうかを判定する。

そのため、例えばG画素G24、G44、G64のG成分値G24、G44、G64の大小関係が調べられる。そして、その結果によりステップST23もしくはステップST24以下の処理のどちらか一方が行われる。即ち、G成分値G24、G44、G64が以下の条件1、2のいずれかを満たすときはステップST23の処理が、そうでないときはステップST24以下の処理が行われる。

【0055】

20

条件1 : G24 < G44かつG64 < G44

条件2 : G24 > G44かつG64 > G44

【0056】

ステップST23は、相似関係を仮定した補間演算であり、以下の式で注目画素G44のR成分値R44を計算する。

【0057】

【数11】

$$R44 = \frac{R34 + R54}{2} + \frac{1}{2}(G44 - \frac{G24 + G64}{2})$$

30

【0058】

ステップST24では、以下に示される二つの2次元データを計算する。これらの2次元データの各々は、注目画素に対して水平方向（R画素が存在する方向）に整列し、注目画素に近接し（例えば2画素分離れた位置の）、注目画素を中心として互いに反対側に位置する画素の位置に対して求められた、上記注目画素位置における既知の色成分をx成分（xi）とし、不足色（未知）の色成分をy成分（yi）（ただし、i = 1, 2）とするものである。

【0059】

【数12】

$$(x1, y1) = (G24, \frac{R14 + R34}{2})$$

$$(x2, y2) = (G64, \frac{R54 + R74}{2})$$

40

【0060】

上記の式から分るように、x成分xiとしては、撮像素子2から得られた各画素位置のG成分がそのまま用いられ、y成分yiとしては、各画素位置の周囲の、例えば水平方向の両側において隣接する画素のR成分の平均が用いられている。

【0061】

50

ステップST25では、上記のx成分x1とx2の差の絶対値がある閾値以下かどうか

を調べ、 x_1 と x_2 の差の絶対値が上記閾値以下のときは、次にステップST27の処理を、それ以外のときは、次にステップST26の処理を行う。

【0062】

ステップST26は、単調変化を仮定した補間演算であり、以下の式で注目画素G44のR成分値R44を計算する。

【0063】

【数13】

$$R44 = \frac{y1 - y2}{x1 - x2} (G44 - x1) + y1$$

10

【0064】

ステップST27では線形補間を用いて注目画素G44に対するR成分値R44を計算する。即ち、注目画素G44に対するR成分値R44は、注目画素に隣接する画素の色成分値を用いて、以下の式で与えられる。

$$R44 = (R34 + R54) / 2$$

【0065】

上記したステップST23、ST26、ST27のいずれかにより補間された不足色成分値（補間値）がステップST28で、注目画素G44の位置における、補間に求められたR成分値としてメモリ36に、画素位置に対応付けて、書込まれる。

20

【0066】

以上の補間処理がすべての奇数行のG画素の位置におけるR成分値に対して行われる。

【0067】

次に奇数行のG画素の位置におけるB成分値の補間処理について説明する。図8(a)に示すように、注目画素であるG画素を中心として、B成分を有する画素は縦方向（上下方向）に位置しており、横方向（左右方向）には存在しない。

【0068】

ステップST21にて、図9に示された、注目画素G44の近傍の領域内に位置する複数の画素の色成分値がフレームメモリ4から読み出される。即ち、注目画素G44と、注目画素G44に対し、垂直方向に整列したG画素G42、G46のG成分値G44、G42、G46と、注目画素に対して垂直方向に整列したB画素B41、B43、B45、B47のB成分値B41、B43、B45、B47が読み出される。

30

【0069】

次にステップST22で、注目画素の近傍の領域内に位置し、注目画素を中心として垂直方向（B画素が存在する方向）に整列し、注目画素と同じ色成分を有する画素、及び注目画素の色成分値が、画素位置との関係で、単調に変化しているかどうかを判定する。

そのため、例えば、G画素G42、G44、G46のG成分値G42、G44、G46の大小関係が調べられる。そして、その結果によりステップST23もしくはステップST24以下の処理のどちらか一方が行われる。即ち、G成分値G42、G44、G46が以下の条件1、2のいずれかを満たすときはステップST23の処理が、そうでないときはステップST24以下の処理が行われる。

40

【0070】

条件1 : G42 < G44かつG46 < G44

条件2 : G42 > G44かつG46 > G44

【0071】

ステップST23では以下の式で注目画素G44のB成分値B44を計算する。

【0072】

【数14】

$$B44 = \frac{B43+B45}{2} + \frac{1}{2}(G44 - \frac{G42+G46}{2})$$

【0073】

ステップST24では、以下に示される二つの2次元データを計算する。これらの2次元データの各々は、注目画素に対して垂直方向（B画素が存在する方向）に整列し、注目画素に近接し（例えば2画素分離れた位置の）、注目画素を中心として互いに反対側に位置する画素の位置に対して求められた、上記注目画素位置における既知の色成分をx成分(x_i)とし、不足色(未知)の色成分をy成分(y_i)（ただし、 $i = 1, 2$ ）とするものである。

【0074】

【数15】

$$(x1, y1) = (G42, \frac{B41+B43}{2})$$

$$(x2, y2) = (G46, \frac{B45+B47}{2})$$

10

20

【0075】

ステップST25では、上記のx成分 x_1 と x_2 の差の絶対値がある閾値以下かどうかを調べる。 x_1 と x_2 の差の絶対値が上記閾値以下のときは、次にステップST27の処理を、それ以外のときは、次にステップST26の処理を行う。

【0076】

ステップST26では以下の式で注目画素G44のB成分値B44を計算する。

【0077】

【数16】

$$B44 = \frac{y1-y2}{x1-x2} (G44 - x1) + y1$$

30

【0078】

ステップST27では線形補間を用いて注目画素G44に対するB成分値B44を計算する。即ち、注目画素G44に対するB成分値B44は、注目画素に隣接する画素の色成分値を用いて、以下の式で与えられる。

$$B44 = (B43 + B45) / 2$$

【0079】

上記したステップST23、ST26、ST27のいずれかにより補間された不足色成分値(補間値)がステップST28で、注目画素G44の位置における、補間により求められたB成分値としてメモリ36に、画素位置に対応付けて、書き込まれる。

40

【0080】

以上の補間処理がすべての奇数行のすべてのG画素の位置におけるB成分値に対して行われる。

【0081】

上記した奇数行のG画素の位置におけるR成分値の補間の説明と、奇数行のG画素の位置におけるB成分値の補間の説明とは、垂直方向(上下方向)と水平方向(左右方向)とが入れ替え変わっただけである。

【0082】

以上は奇数行のG画素の位置における、R成分値及びB成分値の補間処理であるが、偶数行のG画素の位置におけるR成分値及びB成分値の補間も、奇数行の場合と同様に行わ

50

れる。但し、「垂直方向」と「水平方向」を入れ替える。別の見方をすれば、偶数行におけるG画素の位置におけるR成分値及びB成分値の補間は、奇数行におけるG画素の位置におけるR成分値及びB成分値の補間と、RとBが入れ替わる以外は同様に行われる。

【0083】

次にR画素の位置におけるB成分値の補間処理について図6及び図10を参照して説明する。

図6はR画素の位置におけるB成分値の補間の際のプロセッサ35の動作を示すフローチャート、図10はR画素の位置におけるB成分値の補間を行う際に利用される画素とその色成分値を示す。図10におけるR画素R44が注目画素になる。

【0084】

ステップST31にて、図10に示された、注目画素R44の近傍の領域内に位置する複数の画素の色成分値がフレームメモリ4から読み出される。即ち注目画素R44と、注目画素に対し、右斜め上から左斜め下の方向(45度の方向)に整列したR画素R62、R26、左斜め上から右斜め下の方向(-45度の方向)に整列したR画素R22、R66、のR成分値R44、R62、R26、R22、R66と、注目画素に対し、右斜め上から左斜め下の方向(45度の方向)に整列したB画素B71、B53、B35、B17、左斜め上から右斜め下の方向(-45度の方向)に整列したB画素B11、B33、B55、B77のB成分値B71、B53、B35、B17、B11、B33、B55、B77、が読み出される。

【0085】

次に、ステップST32で、注目画素を中心45度の方向及び-45度の方向のいずれに相関が強いかが判別される。この判別のため、ステップST31で読み出された画素信号(色成分値)の一部を用いて、以下の値d(45)、d(-45)が計算される。

$$d(45) = |B53 - B35|$$

$$d(-45) = |B55 - B33|$$

【0086】

d(45)は注目画素を中心として水平方向となす角度が45度の方向(右上から左下への方向、即ち右上がりの方向)の直線上の画素の色成分値、即ち注目画素に対し45度の方向に整列し、注目画素に隣接する2つの画素の色成分値の差の絶対値を表し、d(-45)は注目画素を中心として水平方向となす角度が-45度の方向(左上から右下への方向、即ち左上がりの方向)の直線上の画素の色成分値、即ち注目画素に対し-45度の方向に整列し、注目画素に隣接する2つの画素の色成分値の差の絶対値を表す。

【0087】

ステップST12の処理同様、画像中に相関の強い方向の画素の色成分値を用いて計算した値の方が小さくなる。

このd(45)、d(-45)の大小関係に応じて、ステップST33a以下の処理もしくはステップST33b以下の処理が行われる。即ち、d(45) < d(-45)のときは(45度の方向に相関が強いときは)ステップST33a以下の処理が、それ以外のときは(-45度の方向に相関が強いときは)ステップST33b以下の処理が行われる。なお、d(45)、d(-45)を求める式は上記のものに限定されない。

【0088】

ステップST33a以下の処理について述べる。

ステップST33aでは、注目画素の近傍の領域内に位置し、注目画素を中心として45度の方向(上記相関判別ステップST32で相関が強いと判定された方向)に整列し、注目画素と同じ色成分を有する画素、及び注目画素の色成分値が、画素位置との関係で、単調に変化しているかどうかを判定する。

そのため、例えばR画素R62、R44、R26のR成分値R62、R44、R26の大小関係が調べられる。そして、その結果によりステップST34aもしくはステップST35a以下の処理が行われる。即ち、R62、R44、R26が以下の条件1、2のいずれかを満たすときはステップST34aの処理が、そうでないときはステップST35

10

20

30

40

50

a 以下の処理が行われる。

【0089】

条件1 : R62 < R44かつR26 < R44

条件2 : R62 > R44かつR26 > R44

【0090】

ステップST34aは、相似関係を仮定した補間演算であり、以下の式で注目画素R44のB成分値B44を計算する。

【0091】

【数17】

$$B44 = \frac{B53+B35}{2} + \frac{1}{2}(R44 - \frac{R62+R26}{2})$$

10

【0092】

ステップST35aでは、以下に示される二つの2次元データを計算する。これらの2次元データの各々は、注目画素に対して45度の方向（相関が強いと判定された方向）に整列し、注目画素に近接し（例えば45度の方向に2画素分離れた位置（水平方向及び垂直方向に2画素分離れた位置）の）、注目画素を中心として互いに反対側に位置する画素の位置に対して求められた、上記注目画素位置における既知の色成分をx成分(x_i)とし、不足色（未知）の色成分をy成分(y_i)（ただし、i=1, 2）とするものである。

20

【0093】

【数18】

$$(x1, y1) = (R62, \frac{B71+B53}{2})$$

$$(x2, y2) = (R26, \frac{B35+B17}{2})$$

【0094】

30

上記の式から分るように、x成分x_iとしては、撮像素子2から得られた各画素位置のR成分がそのまま用いられ、y成分y_iとしては、各画素位置の周囲の、例えば45度の方向の両側において隣接する画素のB成分の平均が用いられている。

【0095】

ステップST36aでは、上記のx成分x1とx2の差の絶対値がある閾値以下かどうかを調べる。x1とx2の差の絶対値が上記閾値以下のときはステップST38aの処理を、それ以外のときはステップST37aの処理を行う。

【0096】

ステップST37aは、単調変化を仮定した補間演算であり、以下の式で注目画素R44に対するB成分値B44を計算する。

40

【0097】

【数19】

$$B44 = \frac{y1-y2}{x1-x2}(R44-x1) + y1$$

【0098】

ステップST38aでは線形補間を用いて注目画素R44に対するB成分値B44を計算する。即ち、注目画素B44に対するB成分値B44は、注目画素に隣接する画素の色成分値を用いて、以下の式で与えられる。

$$B44 = (B53 + B35) / 2$$

50

【0099】

次にステップ33b以下の処理について述べる。

まず、ステップST33bでは、ステップ33aと同様に、注目画素の近傍の領域内に位置し、注目画素を中心として-45度の方向（上記相関判別ステップST32で相関が強いと判定された方向）に整列し、注目画素と同じ色成分を有する画素、及び注目画素の色成分値が、画素位置との関係で、単調に変化しているかどうかの判定が行われる。

そのため、例えばR画素R22、R44、R66のR成分値R22、R44、R66の大小関係が調べられる。そして、その結果によりステップST34bもしくはステップST35b以下の処理のどちらか一方が行われる。即ち、R成分値R22、R44、R66が以下の条件1、2のいずれかを満たすときはステップST34bの処理が、そうでないときはステップST35b以下の処理が行われる。

【0100】

条件1 : R22 < R44かつR66 < R44

条件2 : R22 > R44かつR66 > R44

【0101】

ステップST34bは、相似関係を仮定した補間演算であり、以下の式で注目画素R44のB成分値B44を計算する。

【0102】

【数20】

$$B44 = \frac{B33+B55}{2} + \frac{1}{2}(R44 - \frac{R22+R66}{2})$$

20

【0103】

ステップST35bでは、以下に示される二つの2次元データを計算する。これらの2次元データの各々は、注目画素に対して-45度の方向（相関が強いと判定された方向）に整列し、注目画素に近接し（例えば-45度の方向に2画素分離れた位置の）、注目画素を中心として互いに反対側に位置する画素の位置に対して求められた、上記注目画素位置における既知の色成分をx成分(x_i)とし、不足色(未知)の色成分をy成分(y_i)（ただし、 $i = 1, 2$ ）とするものである。

30

【0104】

【数21】

$$(x1, y1) = (R22, \frac{B11+B33}{2})$$

$$(x2, y2) = (R66, \frac{B55+B77}{2})$$

【0105】

ステップST36bでは、上記のx成分 x_1 と x_2 の差の絶対値がある閾値以下かどうかを調べる。 x_1 と x_2 の差の絶対値が上記閾値以下のときはステップST38bの処理を、それ以外のときはステップST37bの処理を行う。

40

【0106】

ステップST37bは、単調変化を仮定した補間演算であり、以下の式で注目画素R44に対するB成分値B44を計算する。

【0107】

【数22】

$$B44 = \frac{y1-y2}{x1-x2}(R44 - x1) + y1$$

50

【0108】

ステップST38bでは線形補間を用いて注目画素R44に対するB成分値B44を計算する。即ち、注目画素R44に対するB成分値B44は、注目画素に隣接する画素の色成分値を用いて、以下の式で与えられる。

$$B44 = (B33 + B55) / 2$$

【0109】

上記したステップST34a、ST37a、ST38a、ST34b、ST37b、ST38bのいずれかにより補間された不足色成分値（補間値）がステップST39で、注目画素R44の位置における、補間により求められたB成分値としてメモリ36に、画素位置に対応付けて、書込まれる。

10

【0110】

以上の補間処理がすべてのR画素の位置におけるB成分値に対して行われる。

【0111】

以上がR画素の位置におけるB成分値を補間する処理であるが、B画素の位置におけるR成分値の補間もRとBが入れ替わる以外は同様に行われる。

【0112】

以上により、R、G、B各画素に対する不足色成分値がすべて計算され、全画素に対する全不足色成分値がメモリ36に書込まれることになる。

【0113】

全画素に対する全不足色成分値がメモリ36に書込まれると、次に、メモリ36内部の内容が、補間処理回路4外部へ、補間結果OUT4として出力される。補間結果OUT4と、A/D変換器3から入力される固体撮像素子2で得られた信号OUT3とが、合成回路5で合成されることにより、すべての画素についてR、G、B各色の色成分が揃った画像信号（フルカラー画像）が出力されることになる。

20

【0114】

以下、ステップST17a、ST17b、ST26、ST37a、ST37bで行われる補間処理（以下「単調変化を仮定した補間処理」と呼ぶ）の特徴、ステップST14a、ST14b、ST23、ST34a、ST34bで行われる、「相似関係を仮定した補間処理」の特徴、及びこれらの選択のためにステップST13a、ST13b、ST22、ST33a、ST33bで行われる色成分値の変化の態様についての判定について述べる。

30

最初に変化の態様についての判定について述べる。

【0115】

例えば、ステップ13aのように、R成分値の変化の態様について判定を行う場合、変化の態様を、図11(a)乃至(d)に分類することができる。

【0116】

図11(a)乃至(d)において、横軸をR画素の位置、縦軸を各画素のR成分値に対応させた座標平面上に、R画素R24、R44、R64間でのR成分値の、画素位置に対する、変化のパターンを、グラフで表している。

【0117】

40

高周波成分を多く含んだ画像は図11(a)または(b)に示されるように上に凸か下に凸であり、図11(a)の場合には条件1が満たされ、図11(b)の場合には、条件2が満たされる。一方、低周波成分を多く含んだ画像において色信号は図11(c)に示されるように単調増加、又は図11(d)に示されるように単調減少であり、このとき、条件1、条件2がともに満たされない。以下に詳しく説明するように、図11(a)、(b)の場合には、相似関係を仮定した補間処理が優れており、図11(c)、(d)の場合には、単調変化を仮定した補間処理が優れている。

そこで、図11(a)、(b)の場合、即ち、条件1、条件2のいずれかが満たされるときは、ステップST14aによる相似関係を仮定した補間処理を行い、図11(c)、(d)の場合、即ち条件1、条件2のいずれも満たされないときは、ステップST15a

50

以下の処理、特に単調変化を仮定した補間処理 (ST 17a) を行うこととしている。但し、変化分が極めて小さい場合には、単調変化を仮定した補間処理 (ST 17a) の代わりに線形補間 (ST 18a) を行っている。

これにより、変化の様様に応じて最適な補間処理を選択して実行することができる。

【0118】

ステップ ST 13b、ST 22、ST 33a、ST 33b の動作もステップ 13a の動作と同様である。

【0119】

以下、ステップ ST 17a、ST 17b、ST 26、ST 37a、ST 37b で行われる単調変化を仮定した補間処理の特徴について詳しく説明する。

10

【0120】

注目画素の近傍の領域において、注目画素位置において既知の色成分値が図 11 (c)、(d) に示すように単調に変化している場合、不足色の色成分値も同様に単調に変化していることが多い。即ち、既知色と同じ方向に単調に変化（既知色とともに増加、又は既知色とともに減少）しているか、逆方向に単調に変化（既知色の増加に対して不足色が減少、又は既知色の減少に対して不足色が増加）していることが多い。

前者は、例えば次第に明るさが変化している場合であり、後者は、例えば一つの色から別の色になめらかに切り替わっている場合である。

【0121】

その場合、色の変化分相互間には、近似的に、図 12 (a) 又は (b) に示すような関係があるものと仮定することができる。図 12 (a)、(b) で、H 軸は撮像素子 2 の撮像面上の水平軸に対応し、Z 軸は各画素の色成分値を表す。そして、x0、x1、x2 は、注目画素及びそれに近接する画素における、既知色（注目画素において色成分値が既知の色）の色成分値を示し、これらを結ぶ実線がその変化を示す。y1、y2 は、注目画素に近接する画素における、不足色（注目画素において色成分値が未知の色）の色成分値である。y0 は、注目画素における、上記不足色色成分値の補間値である。図 12 (a) は、既知色の色成分値と不足色の色成分値が同じ方向に変化している場合を示し、図 12 (b) は、既知色の色成分値と不足色の色成分値が逆の方向に変化している場合を示す。

20

単調変化を仮定した補間処理では、上記のように、既知色の色成分値と不足色の色成分値が同じように且つ同じ向きに単調に変化するか、同じように且つ逆向きに単調に変化すると仮定し、以下の関係が満たされるように、注目画素位置における、不足色の色成分値 y0 を定める。

30

$$(y_0 - y_1) / (x_0 - x_1) = (y_1 - y_2) / (x_1 - x_2)$$

この式を変形すると、

【0122】

【数 23】

$$y_0 = \frac{y_1 - y_2}{x_1 - x_2} (x_0 - x_1) + y_1 \quad \dots (1)$$

40

【0123】

となる。即ち上記の式によって注目画素における不足色の色成分値 y0 を求めることとする。

x0、y0 は上記のように、注目画素位置における既知色の色成分値、不足色の色成分値であり、例えば、注目画素 R 44 における G 成分値を求める場合（式 (3) の場合）、R 44 が x0 となり、G 44 が y0 となる。

【0124】

単調変化を仮定した補間処理の概念はまた以下のようにも説明できる。

即ち、図 13 に示す、既知色の色成分値を x 成分、不足色の色成分値 y 成分とする 2 次元平面内で、(x1, y1)、(x2, y2) を通る直線の傾きは、

50

$(y_1 - y_2) / (x_1 - x_2)$

であり、 x の x_1 から x_0 への変化に伴う y の増分 Δy ($= y_0 - y_1$) は、

$$\Delta y_0 = \{ (y_1 - y_2) / (x_1 - x_2) \} \times (x_0 - x_1)$$

であり、またこの直線は (x_1, y_1) を通るので、 Δy_0 に y_1 を加算した値が、 y_0 となる。即ち、 y_0 を与える式は、上記の式 (1) の通りとなる。このように、単調変化を仮定した補間処理は、 x y 座標面内において、 (x_1, y_1) 、 (x_2, y_2) を通る直線上に補間値があるとの推測に基づく補間であり、「直線にのせる補間」と呼ぶことができる。

【0125】

単調変化を仮定した補間処理は、画像中において、上記のように、明るさが次第に変化する場合や、ある色から別の色になめらかに切り替わる場合に適したものであり、言換えれば、低周波成分を多く含む画像領域における補間処理に優れている。

【0126】

単調変化を仮定した補間処理で用いる式 (1) の計算には除算が入っている。一般に除算は除数 (上記の式の $(x_1 - x_2)$) がゼロになるときは計算を行うことが出来ない。また、除数がゼロに近い値のときは計算の精度が悪くなり、それが誤差の増大につながる。したがって x_1 と x_2 の差の絶対値がゼロかゼロに近い値のときは、式 (1) を用いず、異なる補間処理を用いるのが望ましい。そこで、上記の実施の形態では、ステップ ST 16a、ST 16b、ST 25、ST 36a、ST 36b で、 x_1 と x_2 の差の絶対値がある閾値以下かどうかを調べ、上記閾値以下のときは、式 (1) による補間以外の補間、例えば線形補間を行なうようにしている。

【0127】

x_1 と x_2 の差の絶対値が上記閾値以下であるときは、色の変化がほとんどない場合と推定できるので、線形補間などの単純な補間でも十分満足できる結果が得られると考えられる。また、線形補間は演算が簡単であるので、その点でも好都合である。

【0128】

次に、ステップ ST 14a、ST 14b、ST 23、ST 34a、ST 34b で行われる、相似関係を仮定した補間処理について図 14 を用いて説明する。相似関係を仮定した補間処理は、2つの色成分値の変化の様子が互いに相似の関係を有することを仮定したものである。

【0129】

図 14 はステップ 14a の補間処理により補間される、注目画素 R 44 の位置における G 成分値の定め方を説明する図である。図において H 軸は撮像素子 2 の撮像面上の水平軸に対応し、Z 軸は各画素の成分値を表す。R1、R2 は画素 R 24、R 64 の R 成分値を R 成分値 R 24、R 64 の平均値で置き換えた点であり、R0 は画素 R 44 の R 成分値 R 44 を表した点である。

G1、G2 は画素 G 34、G 54 の G 成分値をそれらの平均値で置き換えた点であり、G0 は画素 R 44 上に補間される G 成分値を表した点である。

【0130】

ステップ ST 14a などで行われる式 (2) の計算は、三角形 R0R1R2 と三角形 G0G1G2 が相似になるように、G0 の値を定めるものである。即ち、注目画素 R 44 における既知色成分 R0 に関して、注目画素 R 44 の R 成分値と注目画素 R 44 の周辺の R 成分を有する画素の R 成分値の平均値でつくる既知色成分三角形 (幾何学図形) と、注目画素 R 44 上に補間される不足色成分 G0 に関して、補間により求められる値 G0 と注目画素 R 44 の周辺の G 成分 (不足色成分) を有する画素の G 成分値の平均値でつくる不足色成分三角形 (幾何学図形) が相似になるように G0 が定められる。

【0131】

言換えれば、注目画素 R 44 の周辺の 2 つの R 成分を有する画素 (R 24、G 64) の R 成分の値の平均値と、注目画素 R 44 の位置における R 成分の値との差と、上記平均値の計算に用いられた 2 つの画素 (R 24、R 64) 及び注目画素 (R 44) 相互間の H 軸

10

20

30

40

50

上の距離（2次元平面（H V平面）上における距離）との比と、注目画素R 4 4の周辺の2つのG成分を有する画素（G 3 4、G 5 4）のG成分の値の平均値と、補間により求められる注目画素R 4 4上のG成分の値G 0との差と、上記平均値の計算に用いられた2つの画素（G 3 4、G 5 4）及び注目画素（R 4 4）相互間の2次元平面上における距離との比が互いに等しくなるように、注目画素の位置におけるG成分の値G 0が定められる。

【0132】

図14において、またL1は既知色の色成分値（例えばR成分値）の変化を表す曲線であり、L2は不足色の色成分値（例えばG成分値）の変化を表す曲線であり、●で示される点は、例えば撮像素子2の出力として与えられた画素信号の色成分値、○で示される点が補間処理により与えられる画素信号の色成分値を表している。 10

図14から、二つの色の色成分値が同じように変化する場合には、相似関係を仮定した補間処理により満足できる結果が得られることが分る。

【0133】

即ち、相似関係を仮定した補間処理では、局所領域において、R、G、B各色の色成分値の増減が一致するよう補間処理が行われる。従って相似関係を仮定した補間処理は、局所領域で色成分の増減が激しい領域、特に高周波成分を多く含む画像での補間処理に優れている。

【0134】

説明の例として、ステップST14aで行われる補間処理を取り上げたが、ステップST14b、ST23、ST34a、ST34bで行われる補間処理についても同様のこと 20 が言える。

【0135】

単調変化を仮定した補間処理（但し、変化が極めて小さい場合にはこれに代えて線形補間）及び相似関係を仮定した補間処理を状況に応じて選択して実行させることにより補間の結果が良好（高精度）になることを図15及び図16を参照して、具体的な数値例について説明する。

図15及び図16において、横軸は画素がGRGRと並ぶ方向（例えば奇数行）での各画素の位置を表し、縦軸は各画素の色成分値を表し、■はG画素の色成分値を表し、◆はR画素の色成分値を表し、○は単調変化を仮定した補間処理による結果を表し、△は相似関係を仮定した補間処理による結果を表し、各数値は各々の色成分値を表す。 30

【0136】

上記の説明において、図15のように色成分値が緩やかに変化する場合には、単調変化を仮定した補間処理の結果が、図16のように色成分値が短い周期で変化する場合には相似関係を仮定した補間処理の結果がより良好であることが分る。変化の様態に応じて補間処理を選択することで、変化の様態に拘らず常に良好な補間結果が得られることが分る。

【0137】

本実施の形態ではさらに、ステップST12、ST32により、注目画素を通り、互いに直交する2本の直線上に存在する画素が有する色成分値を使い、画像中の相関の強い方向を判別し、補間処理に使う画素及び色成分値を、注目画素を中心に、相関が強いと判定された方向に存在するものに絞っているため、高精度の補間処理を行うことができる。 40

【0138】

実施の形態2.

次に、実施の形態1で説明した補間処理をハードウェアで実現した例を説明する。

この実施の形態2で用いられる補間処理回路4の構成は図17に示すごとくであり、図3と同様のフレームメモリ11と、読み出し制御回路16、メモリ36のほか、図3のプロセッサ35の代わりに、相関判別回路12、第1の補間演算回路13、第2の補間演算回路14、及び選択回路15を備えている。

【0139】

相関判別回路12が、図4のステップST12、図6のステップS32と同等の機能を持ち、選択回路15が、図4のステップ13a、13b、図5のステップST22、図6 50

のステップST33a、ST33bと同等の機能を持ち、補間演算回路13は、相似関係を仮定した補間を行うものであって、図4のステップST14a、ST14b、図5のステップST23、図6のステップST34a、ST34bと同等の機能を持ち、補間演算回路14は、単調変化を仮定した補間又は線形補間を行うものであって、図4のステップST15a、ST16a、ST17a、ST18a、ST15b、ST16b、ST17b、ST18b、図5のステップST24、ST25、ST26、ST27、図6のステップST35a、ST36a、ST37a、ST38a、ST35b、ST36b、ST37b、ST38bと同等の機能を持つ。

【0140】

図17に示す補間処理回路4も、図1の撮像装置の一部を成すものとして利用し得るものである。 10

【0141】

フレームメモリ11に蓄積された信号の一部が読み出し制御回路16により出力され(OUT11)、相関判別回路12、補間演算回路13、補間演算回路14及び選択回路15に入力される。

相関判別回路12は、フレームメモリ11からの出力OUT11をもとに画像における相関の強い方向を判別し、その判別結果は、補間演算回路13、補間演算回路14及び選択回路15に供給される。

【0142】

補間演算回路13は、フレームメモリ11からの出力OUT11、及び相関判別回路12の判別結果に基づいて後述の補間(相似関係を仮定した補間)を行って、補間結果OUT13を出力する。 20

補間演算回路14は、フレームメモリ11からの出力OUT11、相関判別回路12の判別結果に基づき、後述の補間(単調変化を仮定した補間又は線形補間)を行って補間結果OUT14を出力する。

【0143】

選択回路15は、フレームメモリ11からの出力OUT11、及び相関判別回路12の判別結果に基づいて、注目画素の近傍の領域内に位置し、注目画素を中心として、上記相関判別手段12で相関が強いと判定された方向に整列し、注目画素と同じ色成分を有する画素及び注目画素の色成分値の変化の様態を判定する。即ち、画素位置との関係で、画素の色成分値が単調に変化しているかどうかを判定する。そして、単調に変化しているかどうかの判定結果に基づいて、補間結果OUT13及びOUT14のいずれかを選択し、選択結果を選択された補間信号OUT15として出力する。即ち、単調に変化していると判定したときは、OUT14を選択し、そうでないときはOUT13を選択する。 30

【0144】

選択回路15の出力OUT15は、メモリ36に書き込まれる。

【0145】

次に実施の形態2の補間処理回路4において行われる不足色成分値の補間処理について述べる。R画素についてはG成分値、B成分値が、G画素についてはB成分値、R成分値が、B画素についてはR成分値、G成分値が不足色成分値となる。これらの不足色成分値の補間処理について順に説明する。 40

【0146】

まず、R画素の位置におけるG成分値の補間処理について説明する。

【0147】

フレームメモリ11から図7に示された各画素の色成分値が読み出され、OUT11として出力される。即ち注目画素R44と、注目画素R44に対し垂直方向に整列したR画素R42、R46、注目画素R44に対し水平方向に整列したR画素R24、R64のR成分値R44、R42、R46、R24、R64と、注目画素R44に対し垂直方向にG画素G41、G43、G45、G47と、注目画素R44に対し水平方向に整列したG画素G14、G34、G54、G74のG成分値G41、G43、G45、G47、G14

、G34、G54、G74が読み出される。

【0148】

相關判別回路12は、注目画素を中心に水平方向及び垂直方向のいずれに相関が強いかの判別を行う。この判別のため、上記のようにして読み出された画素信号（色成分値）の一部を用いて、以下の値dV、dHを計算し、その大小関係を調べる。

【0149】

$$dV = | G34 - G54 |$$

$$dH = | G43 - G45 |$$

【0150】

ここで、dVは、注目画素に対し垂直方向に整列し、注目画素に隣接する2つの画素の色成分値の差の絶対値を表し、dHは、注目画素に対し水平方向に整列し、注目画素に隣接する2つの画素の色成分値の差の絶対値を表す。

$dH < dV$ であるときは、水平方向の相関が強いと判断し、そうでないときは、垂直方向の相関が強いと判断する。

このdV、dHの大小関係により、補間演算回路13、補間演算回路14、選択回路15の動作が変わる。

まず、 $dH < dV$ であるときの補間演算回路13、補間演算回路14、選択回路15の動作について述べる。

【0151】

補間演算回路13では以下の式で注目画素R44のG成分値OUT13を計算し、出力する。

【0152】

【数24】

$$OUT13 = \frac{G34 + G54}{2} + \frac{1}{2}(R44 - \frac{R24 + R64}{2})$$

【0153】

補間演算回路14では以下の式で注目画素R44のG成分値OUT14を計算する。

【0154】

【数25】

$$OUT14 = \frac{y1 - y2}{x1 - x2}(R44 - x1) + y1$$

【0155】

但し、

【0156】

【数26】

$$(x1, y1) = (R24, \frac{G14 + G34}{2})$$

$$(x2, y2) = (R64, \frac{G54 + G74}{2})$$

【0157】

であり、x1、y1、x2、y2は補間演算回路14内で演算される。

【0158】

補間演算回路14はさらに、x1とx2の差の絶対値がある閾値以下かどうかの判定を行い、該閾値以下のときは線形補間を用いて注目画素R44に対するG成分値OUT14を計算し出力する。即ち、注目画素R44に対するG成分値OUT14を、注目画素に隣接する画素の色成分値を用いて、以下の式で計算して出力する。

$$OUT14 = (G34 + G54) / 2$$

10

20

30

40

50

【0159】

選択回路15は、注目画素の近傍の領域内に位置し、注目画素を中心として、上記相関判別手段12で相関が強いと判定された方向に整列し、注目画素と同じ色成分を有する画素、及び注目画素の色成分値の変化の様子を判定する。即ち、画素位置との関係で、画素の色成分値が単調に変化しているかどうかを判定する。これは例えば以下のようにして行われる。即ち、例えばR画素R24、R44、R64のR成分値R24、R44、R64の大小関係を調べる。即ち、R成分値R24、R44、R64が以下の条件1、2のいずれかを満たすかどうかの判定を行う。

【0160】

条件1 : R24 < R44かつR64 < R44

10

条件2 : R24 > R44かつR64 > R44

【0161】

条件1、2のいずれかが満たされるときは、補間演算回路13からの補間信号OUT13を選択し、そうでないときは、補間演算回路14からの補間信号OUT14を選択する。選択された補間信号がOUT15として出力される。

【0162】

以上が、dH < dVであるときの補間演算回路13、補間演算回路14、選択回路15の動作である。次に、dH < dVでないときの補間演算回路13、補間演算回路14、選択回路15の動作について述べる。

【0163】

20

補間演算回路13では以下の式で注目画素R44のG成分値OUT13を計算し出力する。

【0164】

【数27】

$$OUT13 = \frac{G43 + G45}{2} + \frac{1}{2}(R44 - \frac{R42 + R46}{2})$$

【0165】

補間演算回路14では以下の式で注目画素R44のG成分値OUT14を計算し出力する。

30

【0166】

【数28】

$$OUT14 = \frac{y1 - y2}{x1 - x2}(R44 - x1) + y1$$

【0167】

但し、

【0168】

40

【数29】

$$(x1, y1) = (R42, \frac{G41 + G43}{2})$$

$$(x2, y2) = (R46, \frac{G45 + G47}{2})$$

【0169】

であり、x1、y1、x2、y2は補間演算回路14内で演算される。

【0170】

補間演算回路14はさらに、x1とx2の差の絶対値がある閾値以下かどうかの判定を

50

行い、該閾値以下のときは線形補間を用いて注目画素 R 4 4 に対する G 成分値 OUT 1 4 を計算し出力する。即ち、注目画素 R 4 4 に対する G 成分値 OUT 1 4 を、注目画素に隣接する画素の色成分値を用いて、以下の式で計算して出力する。

【0171】

$$OUT\ 1\ 4 = (G\ 4\ 3 + G\ 4\ 5) / 2$$

【0172】

選択回路 1 5 は、注目画素の近傍の領域内に位置し、注目画素を中心として、上記相関判別手段 1 2 で相関が強いと判定された方向に整列し、注目画素と同じ色成分を有する画素、及び注目画素の色成分値が、画素位置との関係で、単調に変化しているかどうかを判定する。そのため、例えば、R 画素 R 4 2、R 4 4、R 4 6 の R 成分値 R 4 2、R 4 4、R 4 6 の大小関係を調べる。そして、その結果により OUT 1 3 もしくは OUT 1 4 のどちらか一方を OUT 1 5 として出力する。即ち、R 成分値 R 4 2、R 4 4、R 4 6 が以下の条件 1、2 のいずれかを満たすときは OUT 1 3 を、そうでないときは OUT 1 4 を出力する。

10

【0173】

条件 1 : $R\ 4\ 2 < R\ 4\ 4$ かつ $R\ 4\ 6 < R\ 4\ 4$

条件 2 : $R\ 4\ 2 > R\ 4\ 4$ かつ $R\ 4\ 6 > R\ 4\ 4$

【0174】

以上は R 画素の位置における G 成分値の補間処理であるが、B 画素の位置における G 成分値の補間も R と B が入れ替わる以外は同様に行われる。

20

【0175】

次に G 画素の位置における R 成分値、B 成分値の補間処理について述べる。

【0176】

ベイヤ配列においては、G 画素を中心とした場合、R、G、B 各画素の配置は図 8 に示されるように、注目画素が奇数行にある場合 (a) と、偶数行にある場合 (b) とで異なり、R と B が入れ替わった配置となっている。まず、奇数行の G 画素の位置における R 成分値、B 成分値の補間を、図 9 を参照して説明する。

30

【0177】

図 9 に示された、注目画素 G 4 4 の近傍の領域内に位置する複数の画素の色成分値がフレームメモリ 4 から読み出され、OUT 1 1 として出力される。即ち、注目画素 G 4 4 と、注目画素 G 4 4 に対し、水平及び垂直方向に整列した G 画素 G 2 4、G 6 4、G 4 2、G 4 6 の G 成分値 G 4 4、G 2 4、G 6 4、G 4 2、G 4 6 と、注目画素に対して水平方向に整列した R 画素 R 1 4、R 3 4、R 5 4、R 7 4 の R 成分値 R 1 4、R 3 4、R 5 4、R 7 4 と、注目画素に対して垂直方向に整列した B 画素 B 4 1、B 4 3、B 4 5、B 4 7 の B 成分値 B 4 1、B 4 3、B 4 5、B 4 7 が読み出される。

30

【0178】

図 9において、G 画素 G 4 4 が注目画素になるが、注目画素 G 4 4 の垂直方向には R 画素が存在せず、水平方向には B 画素が存在しない。従って、奇数行の G 画素の位置における R 成分値の補間に用い得るのは水平方向の画素のみであり、B 成分値の補間に用い得るのは垂直方向の画素のみである。従って補間処理のために参照する方向は自ずと一方向に限られるので、相関判別回路 1 2 は相関判別を行わない。

40

【0179】

最初に奇数行の G 画素における R 成分値の補間処理について述べる。

【0180】

補間演算回路 1 3 は以下の式で注目画素 G 4 4 の R 成分値 OUT 1 3 を計算し、出力する。

【0181】

【数30】

$$OUT13 = \frac{R34 + R54}{2} + \frac{1}{2}(G44 - \frac{G24 + G64}{2})$$

【0182】

補間演算回路14では以下の式で注目画素G44のR成分値OUT14を計算する。

【0183】

【数31】

$$OUT14 = \frac{y1 - y2}{x1 - x2}(G44 - x1) + y1$$

10

【0184】

但し、

【0185】

【数32】

$$(x1, y1) = (G24, \frac{R14 + R34}{2})$$

$$(x2, y2) = (G64, \frac{R54 + R74}{2})$$

20

【0186】

であり、x1、y1、x2、y2は補間演算回路14内で演算される。

【0187】

補間演算回路14はさらに、x1とx2の差の絶対値がある閾値以下かどうかの判定を行い、該閾値以下のときは線形補間を用いて注目画素R44に対するG成分値OUT14を計算し出力する。即ち、注目画素G44に対するR成分値OUT14を、注目画素に隣接する画素の色成分値を用いて、以下の式で計算して出力する。

$$OUT14 = (R34 + R54) / 2$$

30

【0188】

選択回路15では、注目画素の近傍の領域内に位置し、注目画素を中心として、水平方向（R画素が存在する方向）に整列し、注目画素と同じ色成分を有する画素、及び注目画素の色成分値が、画素位置との関係で、単調に変化しているかどうかを判定する。そのため、例えばG画素G24、G44、G64のG成分値G24、G44、G64の大小関係を調べる。そして、その結果によりOUT13もしくはOUT14のどちらか一方をOUT15として出力する。即ち、G成分値G24、G44、G64が以下の条件1、2のいずれかを満たすときはOUT13を、そうでないときはOUT14を選択して出力する。

【0189】

条件1 : G24 < G44かつG64 < G44

40

条件2 : G24 > G44かつG64 > G44

【0190】

以上が奇数行のG画素の位置におけるR成分値の補間処理である。

次に奇数行のG画素の位置におけるB成分値の補間処理について説明する。

【0191】

補間演算回路13では以下の式で注目画素G44のB成分値OUT13を計算し、出力する。

【0192】

【数33】

$$OUT13 = \frac{B43+B45}{2} + \frac{1}{2}(G44 - \frac{G42+G46}{2})$$

【0193】

補間演算回路14では以下の式で注目画素G44のB成分値OUT14を計算する。

【0194】

【数34】

$$OUT14 = \frac{y1-y2}{x1-x2}(G44-x1)+y1$$

10

【0195】

但し、

【0196】

【数35】

$$(x1, y1) = (G42, \frac{B41+B43}{2})$$

20

$$(x2, y2) = (G46, \frac{B45+B47}{2})$$

【0197】

であり、x1、y1、x2、y2は補間演算回路14内で演算される。

【0198】

補間演算回路14はさらに、x1とx2の差の絶対値がある閾値以下かどうかの判定を行い、該閾値以下のときは線形補間を用いて注目画素G44に対するB成分値OUT14を計算し出力する。即ち、注目画素G44に対するB成分値OUT14を、注目画素に隣接する画素の色成分値を用いて、以下の式で計算して出力する。

【0199】

30

$$OUT14 = (B43 + B45) / 2$$

【0200】

選択回路15では、注目画素の近傍の領域内に位置し、注目画素を中心として、垂直方向(B画素が存在する方向)に整列し、注目画素と同じ色成分を有する画素、及び注目画素の色成分値が、画素位置との関係で、単調に変化しているかどうかを判定する。そのため、例えばG画素G42、G44、G46のG成分値G42、G44、G46の大小関係を調べる。そして、その結果によりOUT13もしくはOUT14のどちらか一方をOUT15として出力する。即ち、G成分値G42、G44、G46が以下の条件1、2のいずれかを満たすときはOUT13を、そうでないときはOUT14を選択して出力する。

【0201】

40

条件1 : G42 < G44かつG46 < G44

条件2 : G42 > G44かつG46 > G44

【0202】

以上の補間処理がすべての奇数行のすべてのG画素の位置におけるB成分値に対して行われる。

以上が奇数行のG画素の位置におけるB成分値の補間処理である。

以上は奇数行のG画素の位置におけるR成分値、B成分値の補間処理であるが、偶数行のG画素の位置におけるR成分値、B成分値の補間処理もRとBを入れ替わる以外は同様に行われる。

【0203】

50

次にR画素の位置におけるB成分値の補間処理について図10を参照して説明する。

図10に示された、注目画素R44の近傍の領域内に位置する複数の画素の色成分値がフレームメモリ4から読み出され、OUT11として出力される。即ち注目画素R44と、注目画素に対し、右斜め上から左斜め下の方向(45度の方向)に整列したR画素R62、R26、左斜め上から右斜め下の方向(-45度の方向)に整列したR画素R22、R66、のR成分値R44、R62、R26、R22、R66と、注目画素に対し、右斜め上から左斜め下の方向(45度の方向)に整列したB画素B71、B53、B35、B17、左斜め上から右斜め下の方向(-45度の方向)に整列したB画素B11、B33、B55、B77のB成分値B71、B53、B35、B17、B11、B33、B55、B77が読み出される。

10

【0204】

相関判別回路12は、注目画素を中心に右上がりの方向(45度の方向)及び左上がりの方向(-45度の方向)のいずれに相関が強いかの判別を行う。この判別のため、上記のようにして読み出された画素信号(色成分値)の一部を用いて、以下の値d(45)、d(-45)を計算し、その大小関係を調べる。

【0205】

$$d(45) = |B53 - B35|$$

$$d(-45) = |B55 - B33|$$

【0206】

d(45)は注目画素を中心として、水平方向となす角度が45度の方向(右上から左下への方向、即ち右上がりの方向)に整列し、注目画素に隣接する2つの画素の色成分値の差の絶対値を表し、d(-45)は注目画素を中心として、水平方向となす角度が-45度の方向(左上から右下への方向、即ち左上がりの方向)に整列し、注目画素に隣接する2つの画素の色成分値の差の絶対値を表す。

20

$d(45) < d(-45)$ であるときは、右上がりの方向の相関が強いと判断し、そうでないときは、左上がりの方向の相関が強いと判断する。

このd(45)、d(-45)の大小関係により、補間演算回路13、補間演算回路14、選択回路15の動作が変わる。まず、 $d(45) < d(-45)$ であるときの補間演算回路13、補間演算回路14、選択回路15の動作について述べる。

【0207】

30

補間演算回路13では以下の式で注目画素R44のG成分値OUT13を計算し、出力する。

【0208】

【数36】

$$OUT13 = \frac{B53 + B35}{2} + \frac{1}{2}(R44 - \frac{R62 + R26}{2})$$

【0209】

補間演算回路14では以下の式で注目画素R44のG成分値OUT14を計算する。

【0210】

40

【数37】

$$OUT14 = \frac{y1 - y2}{x1 - x2}(R44 - x1) + y1$$

【0211】

但し、

【0212】

【数38】

$$(x1, y1) = (R62, \frac{B71+B53}{2})$$

$$(x2, y2) = (R26, \frac{B35+B17}{2})$$

【0213】

であり、x1、y1、x2、y2は補間演算回路14内で演算される。

【0214】

補間演算回路14はさらに、x1とx2の差の絶対値がある閾値以下かどうかの判定を行い、該閾値以下のときは線形補間を用いて注目画素G44に対するR成分値OUT14を計算し出力する。即ち、注目画素G44に対するR成分値OUT14を、注目画素に隣接する画素の色成分値を用いて、以下の式で計算して出力する。

$$OUT14 = (B53 + B35) / 2$$

【0215】

選択回路15は、注目画素の近傍の領域内に位置し、注目画素を中心として、上記相関判別手段12で相関が強いと判定された方向に整列し、注目画素と同じ色成分を有する画素及び注目画素の色成分値が、画素位置との関係で、単調に変化しているかどうかを判定する。そのため、例えばR画素R62、R44、R26のR成分値R62、R44、R26の大小関係を調べる。そして、その結果によりOUT13もしくはOUT14のどちらか一方をOUT15として出力する。即ち、R62、R44、R26が以下の条件1、2のいずれかを満たすときはOUT13を、そうでないときはOUT14を出力する。

【0216】

条件1 : R62 < R44かつR26 < R44

条件2 : R62 > R44かつR26 > R44

【0217】

以上がd(45) < d(-45)のときの動作である。次に、d(45) < d(-45)以外のときの動作について述べる。

【0218】

補間演算回路13では以下の式で注目画素R44のB成分値OUT13を計算し、出力する。

【0219】

【数39】

$$OUT13 = \frac{B33+B55}{2} + \frac{1}{2}(R44 - \frac{R22+R66}{2})$$

【0220】

補間演算回路14では以下の式で注目画素R44のB成分値OUT14を計算する。

【0221】

【数40】

$$OUT14 = \frac{y1-y2}{x1-x2}(R44-x1)+y1$$

【0222】

但し、

【0223】

10

20

20

30

40

【数41】

$$(x_1, y_1) = (R_{22}, \frac{B_{11} + B_{33}}{2})$$

$$(x_2, y_2) = (R_{66}, \frac{B_{55} + B_{77}}{2})$$

【0224】

であり、 x_1 、 y_1 、 x_2 、 y_2 は補間演算回路14内で演算される。

【0225】

補間演算回路14はさらに、 x_1 と x_2 の差の絶対値がある閾値以下かどうかの判定を行い、該閾値以下のときは線形補間を用いて注目画素R44に対するB成分値OUT14を計算し出力する。即ち、注目画素R44に対するB成分値OUT14を、注目画素に隣接する画素の色成分値を用いて、以下の式で計算して出力する。

$$OUT14 = (B_{33} + B_{55}) / 2$$

【0226】

選択回路15は、注目画素の近傍の領域内に位置し、注目画素を中心として、上記相關判別手段12で相関が強いと判定された方向に整列し、注目画素と同じ色成分を有する画素、及び注目画素の色成分値が、画素位置との関係で、単調に変化しているかどうかを判定する。そのため、例えばR画素R22、R44、R66のR成分値R22、R44、R66の大小関係を調べる。そして、その結果によりOUT13もしくはOUT14のどちらか一方をOUT15として出力する。即ち、R22、R44、R66が以下の条件1、2のいずれかを満たすときはOUT13を、そうでないときはOUT14を出力する。

【0227】

条件1 : $R_{22} < R_{44}$ かつ $R_{66} < R_{44}$

条件2 : $R_{22} > R_{44}$ かつ $R_{66} > R_{44}$

【0228】

以上の補間処理がすべてのR画素の位置におけるB成分値に対して行われる。

以上がR画素の位置におけるB成分値の補間処理である。

B画素の位置におけるR成分値の補間処理はRとBを入れ替わる以外はR画素の位置におけるB成分値の補間処理と同様に行われる。

【0229】

以上により、補間処理が終了し、全画素に対する全不足色成分値がメモリ36に書き込まれることになる。次に、メモリ36の内容が、補間処理回路4外部へ、補間結果OUT4として出力される。この補間結果OUT4が、A/D変換器3から入力される固体撮像素子2で得られた信号OUT3と合成回路5で合成されることにより、すべての画素についてR、G、B各色の色成分が描いた画像信号（フルカラー画像）が出力されることになる。

【0230】

なお、実施の形態1と同様、 d_H 、 d_V 、 $d(45)$ 、 $d(-45)$ の計算式は本実施例に記載されたものに限定されない。

【0231】

また、実施の形態2におけるフルカラー画像撮像装置の構成は図1に記載のものに限られない。たとえばホワイトバランス処理を行う回路やガンマ補正を行う回路を追加してもよい。

【0232】

実施の形態2における補間処理回路4の内部構成は図17に示されたのものに限られない。たとえばフレームメモリ11のかわりに補間処理に必要なライン数のラインメモリを用いた構成などが考えられる。

【0233】

10

20

30

40

50

また、実施の形態1、2における補間処理の対象はベイヤ型配列に限られず、複数色の色成分の画素が規則的に配列されていればよい。

【図面の簡単な説明】

【0234】

【図1】この発明の実施の形態1の画素信号処理装置を備えた撮像装置の構成を示すブロック図である。

【図2】ベイヤ型の画素配置を示す図である。

【図3】実施の形態1の補間処理回路の構成を示すブロック図である。

【図4】実施の形態1の補間処理を示すフローチャートである。

【図5】実施の形態1の補間処理を示すフローチャートである。

10

【図6】実施の形態1の補間処理を示すフローチャートである。

【図7】R画素の位置におけるG成分値の補間を行う際に利用される画素とその色成分値を示す図である。

【図8】(a)及び(b)はそれぞれ、ベイヤ配列において、奇数行のG画素を中心とした場合の画素配置、及び偶数行のG画素を中心とした場合の画素配置を示す図である。

【図9】奇数行のG画素の位置におけるR成分値及びB成分値の補間を行う際に利用される画素とその色成分値を示す図である。

【図10】R画素の位置におけるB成分値の補間を行う際に利用される画素とその色成分値を示す図である。

【図11】(a)乃至(d)は、横軸をR画素の位置、縦軸を各画素のR成分値に対応させた座標平面上に、R画素R24、R44、R64間でのR成分値の変化のパターンを示す図である。

20

【図12】単調変化を仮定した補間処理の概念を説明する図である。

【図13】単調変化を仮定した補間処理の概念を説明する図である。

【図14】相似関係を仮定した補間処理の概念を説明するための図である。

【図15】色成分値がなだらかに変化する場合に、単調変化を仮定した補間処理により好みの結果が得られることを説明するための図である。

【図16】色成分値が短い周期で変化する場合に、相似関係を仮定した補間処理により好みの結果が得られることを示す図である。

【図17】本発明の実施の形態2の補間処理回路4の構成を示すブロック図である。

30

【符号の説明】

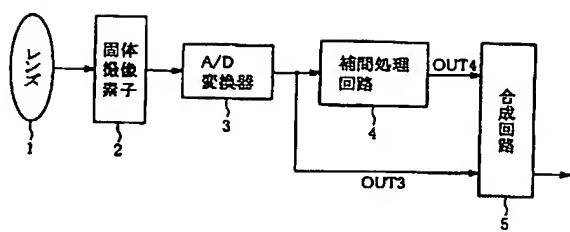
【0235】

S T 1 2 相関判別ステップ、 S T 1 3 a 変化の様相を判別するステップ、 S T 1 3 b 変化の様相を判別するステップ、 S T 1 4 a 相似関係を仮定した補間処理を行なうステップ、 S T 1 4 b 相似関係を仮定した補間処理を行なうステップ、 S T 1 7 a 単調変化を仮定した補間処理を行なうステップ、 S T 1 7 b 単調変化を仮定した補間処理を行なうステップ、 S T 2 2 変化の様相を判別するステップ、 S T 2 3 相似関係を仮定した補間処理を行なうステップ、 S T 2 6 単調変化を仮定した補間処理を行なうステップ、 S T 3 2 相関判別ステップ、 S T 3 3 a 変化の様相を判別するステップ、 S T 3 3 b 変化の様相を判別するステップ、 S T 3 4 a 相似関係を仮定した補間処理を行なうステップ、 S T 3 4 b 相似関係を仮定した補間処理を行なうステップ、 S T 3 7 a 単調変化を仮定した補間処理を行なうステップ、 S T 3 7 b 単調変化を仮定した補間処理を行なうステップ、 1 2 相関判別回路、 1 3 補間演算回路、

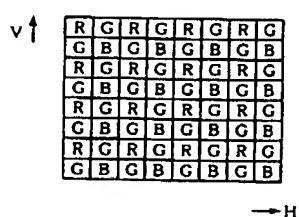
1 4 補間演算回路、 1 5 選択回路。

40

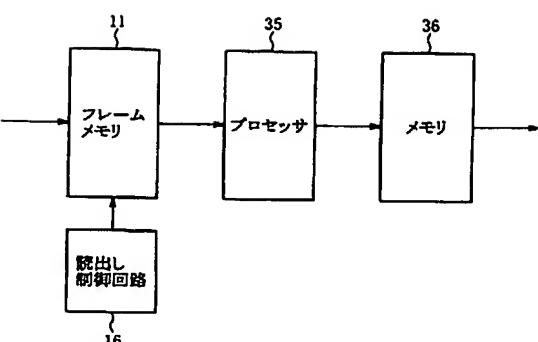
【図 1】



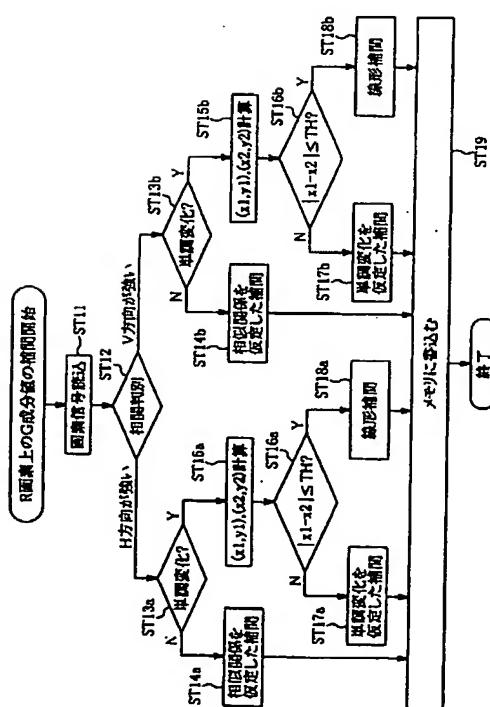
【図 2】



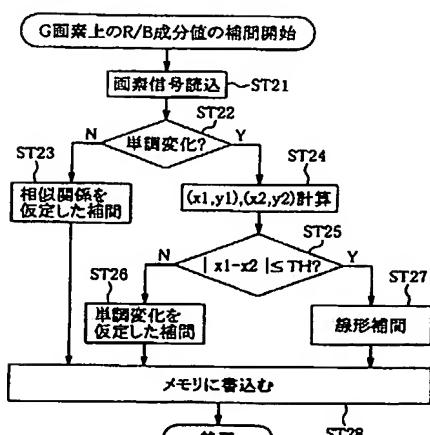
【図 3】



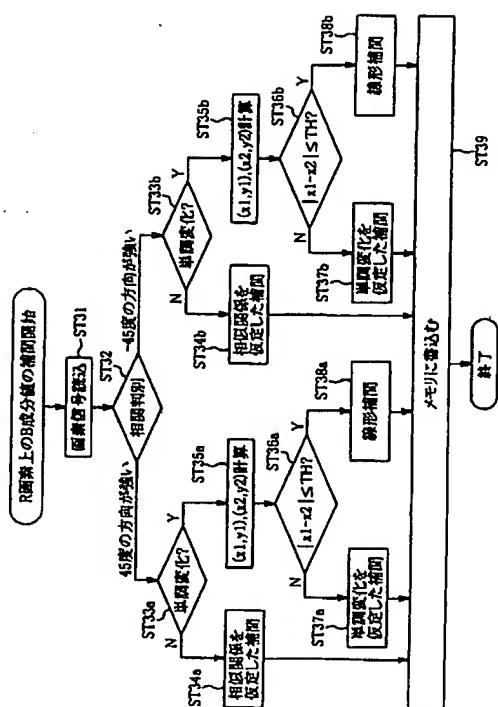
【図 4】



【図 5】



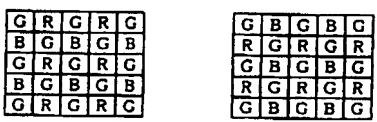
[图 6]



[7]

			G41		
			R42		
			G43		
G14	R24	G34	R44	G54	R64
			G45		
			R46		
			C47		

[8]



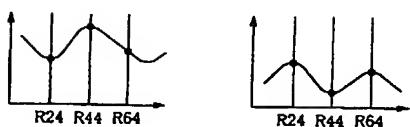
(a)

(b)

[图 9]

			B41		
			G42		
			B43		
R14	G24	R34	G44	R54	G64
			B45		
			G46		
			B47		

[図11]



(B)

(b)

[図 191]

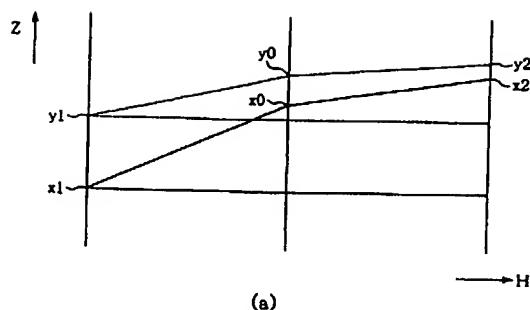
B11					B71
R22				R62	
	B33		B53		
		R44			
	B35		B55		
R26				R66	
B17					B77

(c)

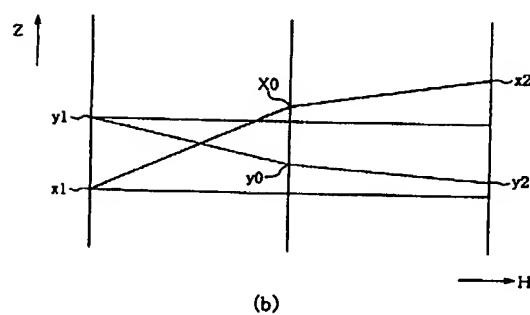
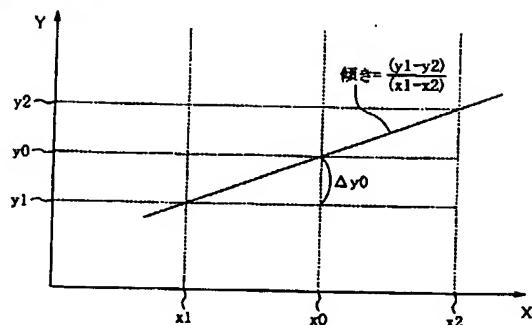
A graph with a vertical y-axis and a horizontal x-axis. Three vertical lines are drawn parallel to the y-axis. The first line is labeled "R24" below it. The second line is labeled "R44" below it. The third line is labeled "R64" below it. The lines are evenly spaced.

(d)

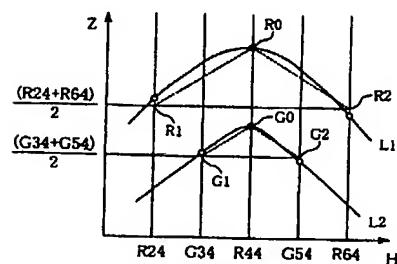
【図 1 2】



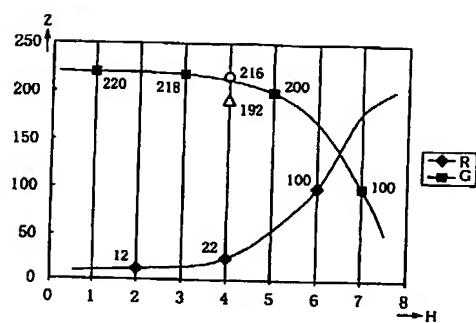
【図 1 3】



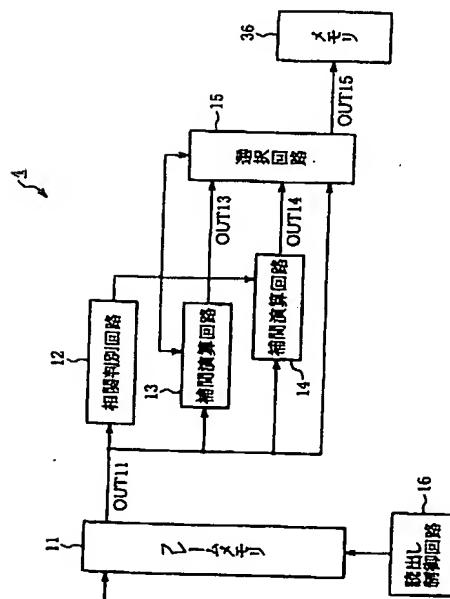
【図 1 4】



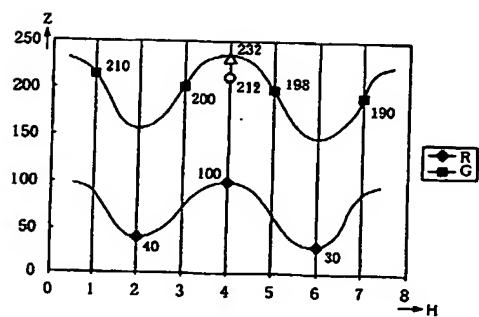
【図 1 5】



【図 1 7】



【図 1 6】



フロントページの続き

(72) 発明者 杉浦 博明
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内

(72) 発明者 山下 幸一
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内

(72) 発明者 伊藤 俊
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内

(72) 発明者 久野 徹也
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内

(72) 発明者 的場 成浩
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内

(72) 発明者 田村 正司
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内

(72) 発明者 藤田 健雄
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内

F ターム(参考) 5C065 AA01 BB23 CC01 DD17 EE05 GG13

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS
- IMAGES CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT OR DRAWING
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- GRAY SCALE DOCUMENTS
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- REFERENCE (S) OR EXHIBIT (S) SUBMITTED ARE POOR
- OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox